

THESES

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE PARIS

LE TITRE D'INGENIEUR-DOCTEUR

Christo CASACOF

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

MM. HACKSPILL..... *Président.*

VILLEY
RIBAUD *Examineurs.*

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON

29, Rue Deparcieur 29

1942



N° d'ordre :

THESES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGENIEUR-DOCTEUR

PAR

Christo CASACOF

1^{re} THÈSE. — PRINCIPES ET APPLICATIONS DU TRAVAIL A LA
CHAÎNE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le

devant la Commission d'examen.

MM. HACKSPILL *Président.*

VILLEY }
RIBAUD } *Examineurs.*

PARIS

IMPRIMERIE R. FOULON

29, Rue Deparcieux, 29

1942

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Professeurs honoraires. . . { M. MOLLIARD.
C. MAURAIN.

Doyen. P. MONTEL, Professeur, Théorie des Fonctions.

Doyens honoraires. . . .	{	Léon BRILLOUIN	G. BERTRAND.	E. CARTAN.
		AUGER.	Ch. FABRY.	CAULLERY.
		DANGEARD.	Léon BERTRAND.	E. BOREL.
		LESPIEAU.	WINTREBERT.	A. COTTON.
		VESSIOT.	DUBOSCQ.	J. DRACH.
		PORTIER.	BOHN.	M. GUICHARD
		LAPICQUE.	RABAUD.	LABROUSTE.

PROFESSEURS

Charles Pérez . . . T Zoologie.	M. Curie. Physique (P. C. B.).
L. Blaringhem. . . T Botanique.	G. Ribaud. . . . T Hautes températures.
G. Julia. T Analyse supérieure.	Chazy. T Mécanique analytique.
C. Mauguin. . . . T Minéralogie.	Gault. Chimie (P. C. B.)
A. Denjoy. T Géométrie supérieure.	Croze. Recherches physiques.
L. Lutaud. T Géographie physique et géologie dynamique.	Dupont. T Théories chimiques
G. Bruhat. T Physique.	Valiron. T Calcul différentiel et intégral.
E. Darmois. . . . T Enseignement de Physique	Barrabé. Géologie structurale et géologie appliquée.
A. Debierne. . . . T Physique générale et Radioactivité.	Millot. Biologie animale (P.C.B.)
A. Dufour. T Physique (P. C. B.).	F. Perrin. Théories physiques.
L. Dunoyer. . . . T Chimie-Physique.	Vavon. T Analyse et mesures chimiques.
M. Javillier. . . . T Chimie biologique.	G. Darmois. . . . Calcul des probabilités et Physique-Mathématique.
Henri Villat. . . . T Mécanique des fluides et applications.	Chatton. T Biologie maritime.
Ch. Jacob. T Géologie.	Aubel. Chimie biologique.
P. Pascal. T Chimie générale.	Jacques Bourcart. Géographie physique et Géologie dynamique.
M. Fréchet. . . . T Calcul des probabilités et Physique Mathématique.	Mme Joliot-Curie. Physique générale et Radioactivité.
E. Esclangon . . . T Astronomie.	Plantepol. Biologie végétale (P.C.B.)
H. Béghin. T Mécanique physique et expérimentale.	Cabannes. T Recherches physiques.
Foch. T Mécanique expérimentale des fluides.	Grassé T Zoologie. Evolution des êtres organisés.
Pauthenier. . . . Physique (P. C. B.).	Prévost. T Chimie organique.
De Broglie. . . . T Théories physiques.	Bouligand. Mathématiques.
Chrétien. Optique appliquée.	Chaudron. Chimie (P. C. B.).
Prenant. T Anatomie et Histologie comparées.	Wyart. Minéralogie.
Villey. Mécanique physique et expérimentale.	Teissier. Zoologie.
Combes. T Physiologie végétale.	Mangenot. Biologie végétale (P.C.B.)
Garnier. T Application de l'analyse à la géométrie.	P. Auger. Physique.
Pérès. Mécanique rationnelle.	Monnier. Physiologie générale.
Hackspill. T Chimie minérale.	Piveteau. Géologie.
Toussaint. Technique aéronautique.	Rocard. Physique.
	H. Cartan. . . . Calcul différentiel.

Secrétaire. A. Pacaud.

Secrétaire honoraire.

INTRODUCTION

Malgré le grand intérêt que présente le « *Travail à la chaîne* », il est un reproche qu'on entend souvent formuler contre cette méthode. On dit qu'à cause de l'application de ses principes, l'*Homme* se transforme en *Machine*. Heureusement l'expérience nous prouve le contraire, car on constate que le *travail rythmé* est plus facile pour la *main-d'œuvre* que celui de toute autre méthode jusqu'à présent mise en pratique. Notons qu'à l'appui de ce principe, on peut évoquer le son des flûtes qui concoururent, assure-t-on, à l'édification des *pyramides d'Egypte*, car il y a là une vérité profonde, puisqu'elle vient des sources — mêmes de l'activité humaine et qui n'est pas contestable.

Evidemment, si ce reproche était vraiment exact, il est certain que ce travail présenterait un grand danger pour la classe ouvrière. Mais comme c'est le progrès qui détermine la formation des masses, l'organisation du travail ne fait qu'ordonner l'élan des individus vers le *mieux-être*, but constant de leurs efforts. Etant donné ces conditions, il est donc facile de voir que, loin de faire obstacle à la politique sociale nouvelle, la *Rationalisation économique* la protège, ou plus exactement l'oriente vers l'intérêt général de la communauté.

Enfin, nous rapportant à ce qui concerne notre étude proprement dite, elle est divisée en deux parties, notamment :

I. — *Principes généraux.*

II. — *Applications Industrielles.*

Dans la première partie, nous analyserons successivement *Les Caractéristiques, L'Organisation et Le Facteur humain* concernant le travail à la chaîne, tandis que dans la deuxième, nous exposerons dans le même ordre d'idées *Les Avantages, Les Appareils mécaniques et Diverses Applications* se rapportant également à cette nouvelle méthode de travail collectif.

Dans l'ensemble de notre étude, nous formulerons les bases fondamentales de l'Organisation de travail à la chaîne, tant au point de vue *théorique* que *pratique*, et tout *Industriel, Ingénieur et Technicien*, chargé d'une telle organisation pourra les prendre en considération, étant donné que ces bases lui permettront d'examiner le problème sous l'aspect de ses *différentes phases*, et par conséquent, le faciliteront grandement dans l'accomplissement de sa *tâche*, qui est, dans le cas qui nous intéresse, extrêmement délicate; mais malgré cela, il l'accomplira avec l'intérêt particulier voulu et la compétence nécessaire exigée en se basant sur les principes généraux de l'*Organisation Scientifique du Travail*, indispensables à la réalisation de la coordination étroite, dans les entreprises industrielles, entre les éléments humains et les éléments matériels.

L'auteur exprime sa reconnaissance à Messieurs les Professeurs de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, VILLAY, RIBAUD et HACKSPILL, Directeur de l'Institut de Chimie, ainsi qu'à M. DANTY-LAFRANCE Professeur de l'*Organisation scientifique du Travail* au Conservatoire National des Arts et Métiers, pour avoir bien voulu l'encourager dans ses travaux avec un intérêt tout particulier.

Paris, le 30 janvier 1941.

Christo CASACOF,
Ingénieur.

PREMIERE PARTIE

PRINCIPES GENERAUX

CHAPITRE I. — *Les caractéristiques du Travail à la Chaîne.*

Nous savons que l'on appelle, d'une manière générale, « TRAVAIL A LA CHAÎNE » tout travail dont les différentes phases ou transformations successives s'opèrent d'une façon continue, par des ouvriers différents. Notons que cette définition exclut tout travail, comme celui de l'artisan qui conduit bien son travail d'une façon continue du début à la fin, mais qui exécute tout par lui-même. Egalemeut, cette définition exclut les méthodes de travail encore largement utilisées, séparant nettement les opérations successives; ces opérations sont bien effectuées par des ouvriers différents, mais la continuité de transfert du travail d'un ouvrier à l'autre n'est pas réalisée sans « *temps mort* ». Par conséquent, entre ces deux extrêmes, on trouve des travaux dont l'*Organisation Scientifique du Travail* s'inspire de l'une et de l'autre de ces deux méthodes. Leur variété est telle que nous estimons nécessaire de préciser, qu'à notre avis, tout *travail à la chaîne* doit présenter les deux caractéristiques bien distinctes qui sont les suivantes :

1°) Les diverses opérations du travail doivent se suivre sans discontinuité;

2°) Les temps élémentaires ou temps d'opérations individuelles doivent être réduits au minimum.

Etant donné ces conditions, on peut dire que le travail à la chaîne constitue l'une des plus récentes étapes de l'Organisation scientifique du Travail, ainsi que l'un des progrès les plus marquants dans la pratique de la simplification des tâches. Soulignons que la *méthode de travail à la chaîne* a été créée en *Amérique*, et le pays de TAYLOR possède, à l'heure actuelle, en ce qui concerne le nombre et la diversité de ses applications, une avance considérable sur nos pays d'Europe.

Incontestablement, nous admettons que théoriquement la *Représentation graphique d'une chaîne de travail* peut se faire suivant la Fig. I, que nous donnons à cet effet. Chaque

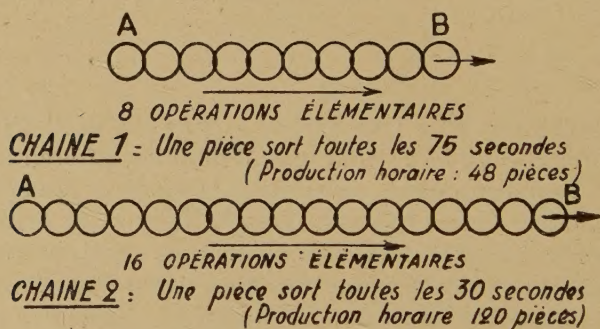


Fig. 1. — Représentation graphique d'une chaîne de travail

maillon de la chaîne représente une opération déterminée, correspondant à un ou plusieurs ouvriers, c'est-à-dire à un poste de travail, ceci dépend de la nature de la tâche à exécuter. La grosseur du maillon est proportionnelle au temps de l'opération que nous appellerons *temps* ou *travail élémentaire*. Il en résulte donc que les maillons sont tous égaux pour une même chaîne. Par exemple la Chaîne 1 est constituée de 8 opérations pour la transformation de l'état A à l'état B du produit fabriqué, et le temps élémentaire est

prévu de 75 secondes, d'où la production horaire correspond à 48 pièces.

Maintenant, supposons que pour la chaîne 2, le nombre d'opérations soit double, c'est-à-dire constitué de 16 opérations, et le temps élémentaire de 30 secondes, car nous savons aussi qu'il peut très bien ne pas être égal à la moitié de 75. Bien entendu, dans ces conditions, il en résulte que la production horaire de la chaîne 2 est plus forte que celle

30

de la chaîne 1, notamment dans le rapport $\frac{75}{48} = 0,4$; c'est-

48

75

à-dire est égale à $\frac{120}{0,4} = 120$ pièces. Mais soulignons que l'on

0,4

peut constituer des chaînes très courtes, et quelquefois même à partir de 6 ouvriers, selon le travail.

Notons qu'il existe à côté de la règle de la *continuité*, que nous avons donnée antérieurement, une règle de *normalisation* proprement dite que nous formulerons comme suit :

Le travail à la chaîne, d'une pièce ou d'un même organe implique que, la « *cadence* » C du travail une fois déterminée, on soit parvenu en même temps à réunir, convenablement les opérations plus courtes que C, en *groupes* d'une durée D, et à diviser la durée D₁ des opérations plus longues que C, de telle sorte que la durée des opérations fractionnelles soit toujours le nombre C, ce nombre étant dans un rapport simple avec les durées d'opérations plus longues.

Etant donné ces conditions, il en résulte donc :

1°) Que l'on devra disposer le travail de manière que, dans le premier cas, un même ouvrier puisse exécuter toutes les opérations d'un même groupe dans le temps global C;

2°) Que le travail pour les opérations plus longues que C, sera bien réparti en autant d'ouvriers que C est contenu de fois dans la durée de l'opération envisagée.

Par conséquent, il est incontestable que par le résultat d'une telle règle on note, évidemment, que chaque ou-

vrier de la chaîne correspondante recevra exactement la quantité de travail qu'il peut effectuer dans le temps C; il en résulte donc qu'il n'y aura ni embouteillage ni perte de temps dans l'exécution du travail. Il est bon de noter que dans la pratique la règle de normalisation des temps d'opérations est rarement difficile à utiliser dans l'application de la méthode de travail à la chaîne, étant donné que l'Organisateur qui analyse à l'aide d'un chronomètre, chaque opération à exécuter, éliminera les gestes inutiles, groupera les gestes indispensables et efficaces, précisément en vue du travail à la chaîne.

La meilleure manière d'établir des normes est celle qui part du principe que les meilleures normes doivent être conformes aux lois de la technique des mouvements. Et, pratiquement il est impossible de normaliser une méthode de production, sans, en même temps, reconnaître et normaliser les différents mouvements élémentaires qui la composent. Mais malheureusement, jusqu'à présent, très peu d'organisations ont prêté suffisamment d'attention aux possibilités de normalisation basées sur des éléments indiscutables et peu de standards ont été établis en vue d'une production plus élevée due à l'économie de temps et de fatigue qui résulte d'une normalisation conforme aux lois de l'automatisme dont les effets ne sont pas encore généralement reconnus. Dès qu'une organisation commence à se pénétrer de « *l'esprit de mouvement* », cette connaissance s'acquiert très rapidement.

Il faut prendre en considération, qu'en pratique, les temps élémentaires ou temps d'opérations individuelles de chaînes différentes peuvent varier de quelques secondes à quelques minutes. Précisons donc que ces deux extrêmes présentent les caractéristiques suivantes :

En dessous de quelques secondes, le *rendement de la main-d'œuvre* décroît pour plusieurs raisons notamment :

a) Le temps de transfert ou encore dit de passage d'une pièce, d'un ouvrier à l'autre, est pratiquement constant pour une fabrication donnée, quelle que soit la cadence de la marche du travail, ainsi que son importance relative par

rapport au temps utile d'exécution, croît lorsque ce dernier décroît. Comme le nombre d'opérations augmente, on multiplie alors corrélativement la perte du temps dûe aux temps morts;

b) Le rendement de la main-d'œuvre ne croît pas indéfiniment si le temps élémentaire décroît. Il est certain que si un rendement élevé de la main-d'œuvre est d'autant plus rapidement atteint que les opérations élémentaires sont plus simples, on constate, si l'on poursuit encore cette réduction, une contrainte physique et morale croissante. Cette contrainte qui découle de la nécessité d'exécuter sans défaillance et d'une façon continue, des gestes très précis dans des temps très courts, conduit rapidement à un épuisement du personnel ouvrier, d'où il en résulte un dérèglement rapide de la vitesse de marche. On est alors obligé de diminuer la cadence du travail, c'est-à-dire d'augmenter les temps élémentaires;

c) Ajoutons en outre que la réduction des temps élémentaires mène à des *chaînes longues*, c'est-à-dire à un grand nombre d'ouvriers travaillant ensemble. Par suite, les causes de perturbation provenant de l'emploi du personnel ouvrier, telles que *retard, absence, maladie*, etc..., augmentent rapidement avec l'importance de ce personnel. Comme le travail de chaque ouvrier n'est plus un *travail individuel*, mais un *travail collectif* proprement dit, très strict dans ses exigences, on se borne dans la constitution d'une chaîne à des limites raisonnables, à notre avis, 80 ouvriers pour chaque tronçon de chaîne est un maximum, si l'on veut obtenir un bon rendement.

Egalement, d'autres raisons que nous examinerons par la suite, contribuent aussi à limiter le nombre d'ouvriers d'une même chaîne de travail.

Maintenant, si le temps élémentaire *augmente* et excède de plusieurs minutes, le travail élémentaire croît en complexité, la simplification du travail n'est plus assez poussée, d'où deux corollaires: le *recrutement*, ou si l'on veut l'instruction du personnel ouvrier, n'est plus aussi facile, et

l'étude analytique des temps est insuffisante, d'où il en résulte un mauvais rendement.

Par conséquent, on peut donc conclure que le temps élémentaire acquiert entre ces deux extrêmes une *valeur optimum* qui dépend de la nature du travail proprement dit. Il est utile de noter, qu'en pratique, cette valeur est également liée à d'autres considérations que nous verrons plus loin, dont la principale est la question de la *production*, car nous savons bien qu'il ne s'agit pas seulement de produire aux plus bas prix de revient possibles, mais aussi de vendre ce que l'on produit.

Dès maintenant, nous devons souligner, ce qui ressort d'ailleurs des lignes précédentes, que la simplification des gestes élémentaires conduit à un recrutement plus facile du personnel. On peut, en effet, instruire rapidement des ouvriers de capacités professionnelles diverses, pour exécuter des travaux très simples et obtenir en peu de jours un excellent rendement. Notons que cette facilité ne supprime pas d'ailleurs la sélection préalable des travailleurs, ni même des tests psychotechniques, mais tout simplement on trouve plus facilement du personnel ouvrier parce qu'on demande peu de capacités professionnelles nécessitant un long apprentissage dans le travail envisagé. Mais dans l'étude du travail à la chaîne, il est également indispensable de tenir compte de quatre séries de facteurs : notamment :

- 1°) Les facteurs qui caractérisent le travail proprement dit;
- 2°) Les éléments nécessaires pour effectuer le travail;
- 3°) Le milieu dans lequel le travail est exécuté;
- 4°) Le matériel utilisé pour exécuter le travail.

Enfin, comme on l'a déjà fait remarquer, le travail à la chaîne est égalisateur en ce sens qu'il stimule les ouvriers paresseux, mais freine plutôt les habiles ; il établit de cette façon une équitable moyenne d'habileté professionnelle.

Maintenant, il nous reste à définir les limites de la première restriction que nous avons faite, concernant la défi-

nition du travail à la chaîne. Précisons que la continuité est liée à de multiples considérations, exposées ci-dessous :

a) Un des grands intérêts de la méthode du travail à la chaîne est l'utilisation au maximum de la surface. *Le rendement effectif au mètre carré* est très élevé. Le stockage des matières entre opérations est réduit au minimum possible. Et, théoriquement, on ne doit plus voir des amoncellements de matériel devant les ouvriers de la chaîne.

En effet, si nous unissons l'opération A à l'opération B, suivant la Fig. II, il en résulte que le stockage à la sortie de A et à l'entrée de B est supprimé. Par conséquent, en répétant cette union d'opération en opération, on supprime donc les stocks intermédiaires de l'opération A à l'opération D, etc..., comme nous le constatons sur notre schéma.

Et, si la question du rendement au mètre carré intervenait seule, dans ces conditions, on aurait donc intérêt à faire des chaînes très longues, mais il faut prendre en considération qu'on serait rapidement limité, d'une part, par la question technique que nous allons examiner, et d'autre part, par celle de souplesse que nous verrons.

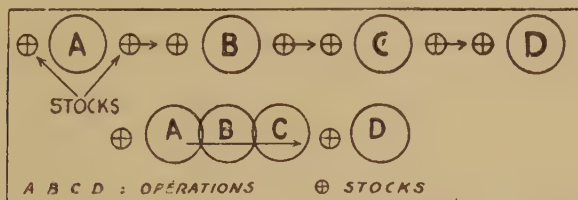


Fig. II. — Suppression des stocks intermédiaires.

b) Dans la pratique, la complexité de certaines pièces est en effet telle qu'on ne peut envisager leur *montage complet* sur une seule chaîne de travail, d'où la nécessité évidente de monter certains ensembles sur des *chaînes auxiliaires*, qui peuvent être alimentées par d'autres chaînes. Ces dernières sont plus ou moins liées à la *chaîne principale*

de montage par des stocks intermédiaires. La discontinuité est donc nécessaire pour des besoins techniques qui proviennent, soit d'une complexité de montage ou de contrôle, soit encore d'une difficulté de mise au point proprement dite, requérant des méthodes de travail particulières.

Notons qu'en pratique, si les stocks intermédiaires sont suffisants, la continuité générale des opérations est cependant conservée.

c) Les difficultés techniques d'une part, et les difficultés d'emploi du personnel ouvrier d'autre part, comme nous l'avons vu plus haut, obligent à donner aux chaînes des longueurs raisonnables. Et, grâce à ce tronçonnement l'ensemble de la disposition du travail à la chaîne acquiert une certaine souplesse voulue, et qui est, précisément, fonction de l'importance des stocks intermédiaires. Il est indispensable de rechercher une organisation qui ne soit pas à la merci du moindre incident temporaire de fabrication, ou bien du personnel ouvrier. Il est bon de noter que la représentation graphique par des chaînes, indique d'ailleurs, d'une façon très précise, le *degré de liberté* de l'organisation envisagée. Les maillons d'une chaîne peuvent « jouer » l'un sur l'autre, bien entendu, dans des limites étroites qui représentent celles admissibles de la part de la perturbation provenant d'un ouvrier d'une chaîne.

Notons que les chaînes auxiliaires ont des « *degrés de liberté* » qui sont fonction de l'importance des stocks intermédiaires; ces derniers pouvant être représentés par des *ressorts*, plus ou moins tendus, les reliant à la chaîne principale de montage.

d) Bien entendu, indépendamment de ces considérations générales, la longueur des chaînes peut être limitée aussi par les besoins de fabriquer des types différents de produits, comme nous le verrons par la suite.

A l'appui de ces observations, on peut alors représenter graphiquement un exemple de *disposition de chaînes*, comme le donne la Fig. III.

Enfin, rappelons que par corrélation, on ne peut mieux

se représenter le travail organisé à la chaîne que par un train de wagons, de poids et de longueurs différents, reliés les uns aux autres par un couplage de force et de valeur élastique différents. Dans ces conditions, nous savons bien que les variations de marche d'un wagon n'ont de répercussion sur la marche des autres qu'en fonction de la masse du wagon, des variations d'accélération, ainsi que des caractéristiques générales de l'attelage proprement dit. Précisons qu'un choc, qui ne peut être immédiatement amorti par l'attelage du wagon, se répercute successivement sur tous les autres wagons suivant leur inertie et les caractéristiques particulières de chacun des attelages. Il en résulte donc que pour obtenir une marche régulière du train, il faut évidemment un minimum de perturbations individuelles, d'où résultent une marche constante, ainsi que cer-

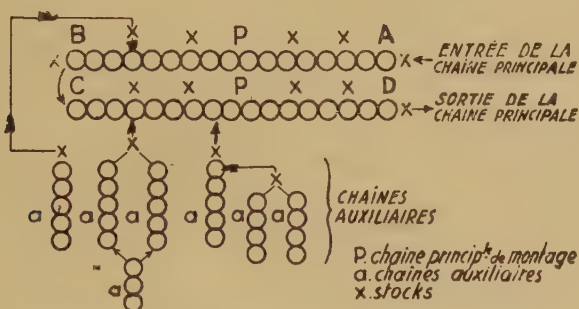


Fig. III. — Graphique de disposition de chaînes.

taines caractéristiques élastiques des attelages. Par conséquent, il est incontestable que le travail à la chaîne présente presque les mêmes caractéristiques que ce train de wagons, à savoir : *chaque wagon représente les chaînes intermédiaires, tandis que les caractéristiques des attelages représentent les stocks intermédiaires.*

Enfin, soulignons ce point très important, notamment : on ne doit jamais laisser les chaînes trouver elles-mêmes leur *cadence optimum*, elle doit être fixée à l'avance. On dé-

duit de cette analyse que l'on ne peut adopter des systèmes de tarification permettant d'une manière générale une grande variation de production autour du *point de marche normale*. Il est nécessaire de choisir des tarifs permettant la stabilisation de la production autour de ce point. En principe, comme nous avons vu antérieurement, le travail à la chaîne est toujours exposé à être perturbé, pour des causes tout à fait extérieures à la volonté de l'ouvrier, dans ces conditions une faible diminution de cette production provoquera une brusque variation du salaire, par conséquent mécontentement général de la part du personnel ouvrier. Etant donné cet état de choses, il est admis d'une manière définitive que le système de tarification du travail à la chaîne est, on peut dire, presque exclusivement un système de tarification à l'heure, mais quelquefois il est intéressant d'employer le système à primes de préférence celui de GANTT, notamment quand le travail est bien mis au point, afin de mieux stimuler les ouvriers, car les autres systèmes n'ont pas la *souplesse voulue* pour s'adapter convenablement à la complexité de la conduite des chaînes, qui est du reste aggravée par l'équilibrage exact des temps des opérations élémentaires et successives, et encore sans prendre en considération les *pannes techniques* auxquelles le travail de chaînes est généralement exposé dans toutes les usines où il s'effectue actuellement.

Malgré toutes ces difficultés, après la mise au point d'une fabrication, comme nous venons de le dire, on peut appliquer le système des primes pour la rémunération d'un travail à la chaîne. On peut dire également que les chaînes moyennes, celles allant jusqu'à cinquante ouvriers environ, comme les chaînes courtes, prennent l'allure d'équipes dans lesquelles l'action des ouvriers les uns sur les autres est assez élevée; si l'un travaille mal, les autres le stimulent, tandis qu'avec les grandes chaînes cette action disparaît à peu près complètement; c'est donc la raison pour laquelle les chaînes, surtout celles de montage, vu leurs difficultés pratiques, ne doivent pas comprendre, à l'heure actuelle, plus de 80 ouvriers maximum, comme nous l'avons dit auparavant, si l'on veut obtenir un bon rendement.

Maintenant, pour terminer, en ce qui concerne la rémunération on peut tirer la conclusion suivante: si le travail à la chaîne n'est pas bien mis au point, ou bien si la cadence varie souvent, dans ces conditions il vaut mieux payer à l'heure et à un taux normal, car autrement il est évident que l'application des systèmes à primes serait tout à fait néfaste à cause de l'instabilité de la marche du travail.

Enfin, il est utile de noter qu'en ce qui concerne l'étude de « *La Rémunération* », on peut consulter mon ouvrage sur ce sujet (1).

(1) Christo CASACOF : *La Rémunération et le Contrôle du Travail dans l'Industrie*, Paris, 1936, — Dunod.

CHAPITRE II. — *L'organisation du Travail à la Chaîne.*

Nous savons que le perfectionnement des moyens mécaniques de transport, tels que : *chaînes, tapis roulants, convoyeurs, transporteurs à câble, et à chaîne*, etc..., a beaucoup facilité, et surtout ces dernières années, l'établissement des chaînes de travail. Notons que nous reviendrons, par la suite, sur l'étude de ces appareils.

Dans l'organisation du travail à la chaîne, ces moyens de transport ont deux buts différents, notamment :

1°) Assurer la liaison entre chaînes, soit de stock à chaîne, soit de stock à stock ;

2°) Constituer des chaînes de travail proprement dites.

Etant donné ces conditions, il en résulte que dans le premier cas on supprime les manœuvres et on facilite beaucoup l'établissement des chaînes auxiliaires dans les locaux qui peuvent être assez loin des chaînes principales. Tandis que le deuxième cas présente deux variantes :

Première variante : on peut, sur une même table de travail, alimenter la chaîne de montage par des ouvriers souvent éloignés les uns des autres, à cet effet, voir Fig. IV.

Deuxième variante : on peut aussi créer la *chaîne* qui transporte le matériel, soit de façon continue, soit saccadée, devant chacun des ouvriers placés l'un à côté de l'autre. Bien entendu des combinaisons variées de ces procédés peuvent être imaginées selon les conditions particulières de l'ensemble du travail.

Nous savons que l'utilisation de ces moyens mécaniques de transport a généralisé ce système de travail. Soulignons qu'il n'est pas cependant nécessaire, malgré l'extrême ingé-

niosité des solutions proposées, de développer intensément les moyens mécaniques pour bénéficier de la majeure partie des avantages du travail à la chaîne.

Nous admettons que dans beaucoup de cas, en effet, les pièces peuvent être passées de la main à la main, et en fin de tronçon placées sur des chariots qui serviront ensuite à la manutention. Soulignons que la commande de transfert des pièces, d'un ouvrier à l'autre, peut se faire par *signal lumineux* ou *sonore*, à marche automatique et réglable.

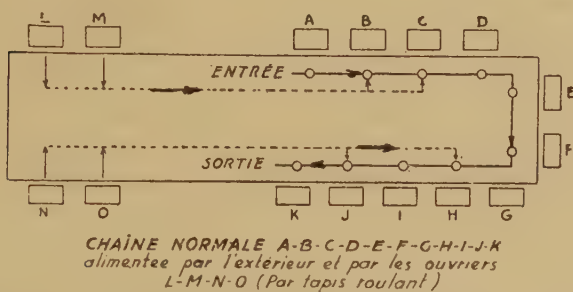


Fig. IV. — Disposition spéciale d'un travail à la chaîne.

Il faut prendre en considération que le développement des moyens mécaniques de transport entraîne toujours des *immobilisations* importantes des capitaux, et impose de sérieuses difficultés à toute modification ultérieure. Or, une nouvelle organisation, surtout concernant le travail à la chaîne, n'atteint jamais pour ainsi dire du premier coup sa forme matérielle optimum; celle-ci n'est obtenue que par une série d'ajustements et d'expériences plus ou moins favorables. Par conséquent, il est donc préférable de débiter par des moyens simples qu'on développera, s'il y a lieu, au fur et à mesure de l'exigence du travail envisagé.

Notons que le problème de *transport* et *manutention mécaniques* des pièces dans les usines et les ateliers en général joue un rôle considérable; c'est la raison pour laquelle, il a

pris depuis quelques années surtout une place au premier plan. Il est incontestable que les perfectionnements apportés aux appareils de levage et de manutention mécanique ont déjà permis, et permettront de plus en plus, de substituer, à la main-d'œuvre humaine, des engins permettant d'effectuer automatiquement la presque totalité des manutentions dans les ateliers, les usines, les magasins, les chantiers, etc...

Il est bon de noter que l'utilisation des appareils de manutention mécanique a pour effet de diminuer les prix de revient, non seulement par le fait qu'une certaine main-d'œuvre est remplacée par des appareils, mais aussi par celui, non moins important, que ces appareils, reliant mécaniquement plusieurs machines ou postes de fabrication d'un même atelier, ou différents ateliers d'une même usine, obligent ceux-ci à travailler à une *cadence déterminée*; elle supprime dans bien des cas les temps morts et les manœuvres inutiles, par conséquent, comme nous l'avons déjà dit, elle améliore le rendement du travail, aussi bien des hommes que celui des machines.

Nous avons dit antérieurement que les temps élémentaires relatifs à une même chaîne doivent être égaux. Notons que l'*équilage* des temps peut se faire entre les ouvriers d'une même chaîne, ou bien par le degré de finition, c'est-à-dire de montage des pièces provenant des chaînes auxiliaires. Soulignons que le changement de cadence est facile à faire si la nouvelle cadence correspond à un sous-multiple de la cadence primitive, car on peut concentrer sur un ouvrier le travail de 2, 3 ou même 4 ouvriers. Mais au cas où la nouvelle cadence est un multiple, il est quelquefois difficile de diviser les temps élémentaires par 2, 3 ou 4. Dans ces conditions, il faut alors rééquilibrer les temps; et pour cela il suffit d'augmenter le nombre d'ouvriers par poste de travail, il en est de même du reste, si les nouvelles cadences ne sont pas dans des rapports simples avec les anciennes. On peut d'ailleurs dire que plus les temps élémentaires sont courts, moins il est facile d'augmenter la cadence, étant donné que la division du travail est déjà très poussée.

Un changement *rapide* de modèle du produit fabriqué suppose des opérations élémentaires identiques, avec interposition, s'il y a lieu, de nouveaux ouvriers travaillant avec la même cadence. Notons qu'on peut aussi *jouer* sur des pièces nouvelles créées par des chaînes auxiliaires supplémentaires. D'une manière générale, tous ces réajustements sont assez difficiles à réaliser. On peut donc conclure qu'il n'existe pas de chaîne « *universelle* » pouvant s'adapter rapidement à des changements sensibles de modèles, car une chaîne normale doit comporter des temps élémentaires courts, et l'habitude étant une seconde nature, toute modification nécessite une rééducation professionnelle des ouvriers. Par conséquent on en déduit que les chaînes doivent travailler avec *continuité* sur des types de fabrication très peu différents ou bien normalisés.

Il serait utile maintenant se donner quelques notions sur la normalisation industrielle, uniquement pour avoir une idée générale sur cette question, car elle présente un intérêt tout particulier, surtout pour les travaux exécutés à la chaîne. Dans la pratique de l'industrie moderne, la production des pièces ou produits de même nature, mais de grandeur différente, ne doit être faite qu'en un nombre limité de types différents, évidemment en tenant compte de fixer un choix sur la série représentative la mieux adaptée, aussi bien aux besoins de la clientèle, comme à ceux de la fabrication proprement dite. Jusqu'à présent le choix en question était basé sur des considérations empiriques, et l'expérience élimine, d'une façon progressive, les types inutiles et en grand nombre. De ce fait, la diversité de différents types proposés par les fabricants, n'est basée actuellement sur aucune règle générale.

Nous savons que l'organisation de la production intensive, c'est-à-dire en grande série, est la conséquence directe du *machinisme*, et cette production est le résultat final des conditions nouvelles desquelles dépendent les industries pour produire le plus économiquement possible, ainsi que de vendre aux plus bas prix, par conséquent, c'est dans l'intérêt des producteurs comme dans celui des consommateurs.

Nous savons par l'expérience que dans l'étude de la fabrication des objets normaux, l'échelonnement ne doit pas être trop rapproché; vu que le prix de la main-d'œuvre et de l'outillage à construire est d'autant plus grand que le nombre de types est plus élevé tandis que le prix de la matière diminue quand le nombre de types augmente, ceci en raison de l'écart entre la dimension strictement nécessaire et celle normalisée. Il en résulte donc que l'échelonnement sera, dans un cas déterminé, d'autant plus rapproché que la matière représentera une part plus importante du prix de l'objet, et au contraire d'autant plus espacé que l'objet coûtera plus de main-d'œuvre et d'outillage. Enfin, il faut prendre en considération qu'il est généralement admis que les écarts entre les types normalisés doivent être proportionnels aux dimensions, par conséquent, cette règle conduit naturellement à la progression géométrique.

En ce qui concerne l'organisation du travail à la chaîne, on peut dire que l'on éprouve en général peu de difficultés à l'application des méthodes se rapportant à l'adaptation et à l'emploi du personnel ouvrier, pourvu qu'elle se fasse avec beaucoup de tact et de justice; *qualités* auxquelles les travailleurs sont toujours très sensibles.

Il est intéressant de noter que la monotonie du travail souvent invoquée est un lien commun qui ne résiste pas à l'expérience. La plus grande partie des travaux industriels n'est en effet qu'une suite de répétitions des mêmes gestes, et l'on a souvent remarqué qu'il y a très peu de travailleurs qui acceptent des travaux variés, nécessitant toujours beaucoup d'attention. Enfin, les ouvriers sont beaucoup plus sensibles à d'autres considérations, telles que: *salaire, stabilité d'emploi, l'ambiance du milieu, etc...*

Dans l'intérêt du travail, des arrêts sont absolument nécessaires pour éviter le *va-et-vient* du personnel, préjudiciable à la marche normale de la chaîne. Notons que pour remédier à cet état de choses, la meilleure solution est d'accorder ensemble aux ouvriers d'une même chaîne, quelques minutes de repos par heure, évidemment, en décalant les

chaînes. On constate ainsi non seulement une amélioration très nette de la discipline proprement dite, mais également une meilleure application du personnel, après ces minutes de détente. Enfin, l'importance des repos deviendra d'ailleurs de plus en plus marquée au fur et à mesure que l'on sera plus exigeant au point de vue rendement.

Evidemment, le travail à la chaîne ne rencontre pas d'opposition parmi les ouvriers lorsqu'il est convenablement organisé et mis au point, c'est-à-dire lorsqu'il ne demande pas à l'homme un effort au-dessus de ses moyens et qu'il tient compte des repos nécessaires; bien plus, dans ces conditions il améliore le plus souvent leur confort et leur bien-être, en leur permettant, dans un certain nombre de cas de travailler assis et en leur évitant toujours des gestes inutiles et pénibles. Enfin, il permet presque toujours d'augmenter les salaires.

Notons que cette méthode, comme toutes les autres, ne vaut que par ses applications. Malheureusement, certains essais, non couronnés de succès, ont pu détourner quelques industriels de son application. En réalité, dans tous ces cas, la méthode avait été mal appliquée. Evidemment, on ne saurait être trop prudent dans la recherche du technicien spécialiste, capable de mener à bonne fin une organisation de ce genre, car dans son ensemble elle compte avec beaucoup d'éléments complexes.

Vraiment, lorsque les chaînes marchent en harmonie, l'ensemble est véritablement impressionnant, et on ne peut être que frappé par l'ordre et la puissance que dégagent de telles organisations. En effet, le rythme général de la fabrication est très accéléré, le cycle des transformations est très rapide, enfin, chiffrés en minutes de main-d'œuvre, les temps de montage paraissent incroyables, d'où une *apparente facilité* semble avoir remplacé le vieux rythme industriel.

Certains intérêts de production, de précision, d'immobilisation, sont les résultats de cette puissante organisation rationnelle, et nous compléterons notre étude par leur analyse.

En ce qui concerne les intérêts de la production, ils présentent l'aspect ci-dessous :

a) Une production horaire élevée, pouvant conduire par conséquent à des stocks élevés de produits finis, car il faut des temps élémentaires courts pour que la chaîne soit efficace;

b) Une stabilité nécessaire de production, en type et en quantité, pouvant également conduire à des stocks élevés, car il ne faut pas trop perturber les chaînes dans leur cadence, pour maintenir un bon rendement.

Généralement, les cadences normales de production sont à peu près immuables, et elles ne peuvent être autorisées à varier que dans de très faibles limites, car il est très rare que ces variations affectent de la même façon toutes les chaînes se rapportant à un même ensemble de travail. Dans le cas le plus courant les chaînes laissées à elles-mêmes, travaillent à des cadences différentes. Il en résulte alors que celles qui travaillent lentement n'alimentent pas assez les chaînes qui les suivent, et les chaînes qui travaillent trop vite ne sont plus suffisamment approvisionnées par celles qui les précèdent.

Dans ces conditions de travail, on peut évidemment envisager la réduction des heures de travail sur certaines chaînes, mais bien entendu, cela ne peut être qu'un moyen à action locale et temporaire pour les raisons suivantes : si la réduction de production entraîne une diminution du salaire journalier, il faudra compenser, d'une manière ou d'une autre, cette diminution de salaire. Si la réduction des heures de travail n'entraîne pas de diminution de paie, dans le cas du salaire à prime par exemple, des ouvriers travailleront moins d'heures que d'autres. Etant donné cet état de choses, il en résulte que de toutes façons on crée des injustices. A cet effet, il est bon de noter que les ouvriers d'un même atelier supportent très difficilement des inégalités de traitement aussi importantes. On peut donc conclure que le travail à la chaîne proprement dit, conduit incontestablement à un *travail collectif* très dirigé.

Soulignons à l'avantage du travail à la chaîne que le

temps total nécessaire à un cycle de transformation est relativement court; si les ventes suivent la même allure, la *rotation du capital* est rapide. Notons que pour des industries saisonnières et pour lesquelles il n'est pas possible de constituer des stocks, il est certain que le travail à la chaîne est la seule solution permettant de produire rapidement et en grande quantité.

Dans une organisation du travail à la chaîne, des immobilisations importantes des capitaux doivent être prévues, d'où s'impose la nécessité de pouvoir les amortir sur une certaine production. Tout d'abord, il faut une solide organisation du service d'Etudes pour la conception des appareils, et cette conception doit être en vue d'un montage facile par opérations successives et par ensemble; ainsi que pour l'étude des temps, des outillages et l'organisation des chaînes proprement dites. Il faut prendre en considération que les outillages sont nombreux et toujours coûteux, car il faut obtenir des pièces strictement interchangeables. Le contrôle exige des moyens puissants, c'est-à-dire rapides et sûrs, et l'outillage de fabrication et de contrôle doit être adapté spécialement au but poursuivi, d'où il en résulte qu'il ne peut donc être en général *universel*. Notons enfin que l'approvisionnement de certaines matières premières peut nécessiter d'être fait à l'avance et que l'immobilisation en pièces ouvrées terminées peut être importante, d'où alors augmentation des stocks.

Enfin, le travail à la chaîne impose un *programme* de travail s'étendant sur une longue période et l'art de la direction consiste à lui conférer une certaine souplesse d'adaptation à des événements possibles, mais souvent peu probables.

Il est bon de souligner les avantages que présente la conduite de la fabrication sous une forme échelonnée, en évitant les *à-coups* entre les diverses opérations, en supprimant les déplacements sans nécessité de marchandises ou produits semi-manufacturés; la coordination entre les divers procédés et services de production; la parfaite synchronisation entre les opérations; l'équilibre stable de la faculté pro-

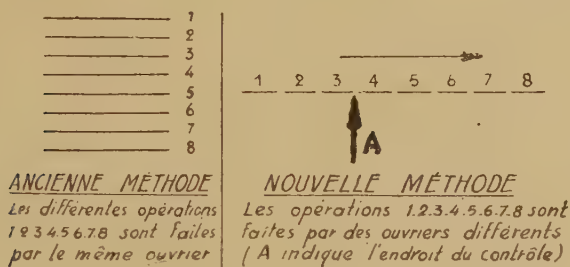
ductive, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue manuel, en évitant les stades de production et en facilitant l'avancement plus ou moins rapide, mais continu et régulier, du travail.

A cet effet, qu'il suffise de citer les résultats obtenus dans l'*Industrie des conserves de viandes aux Etats-Unis*, entre les années 1921 et 1931. Une forte proportion des augmentations observées dans le rendement de la main-d'œuvre, qui s'élève de 5,7 % dans quelques services jusque vers 61 % dans quelques autres ont été obtenus par des changements rationnels dans la disposition et l'aménagement matériel des ateliers; on peut en avoir une idée en disant qu'une moyenne de 2072 ouvriers, en 1931, a donné un rendement égal à celui fourni par 2.752 ouvriers en 1921, soit une économie de 25 % de main-d'œuvre.

Dans l'organisation du travail à la chaîne, le débit accéléré des chaînes nécessite une alimentation régulière, ainsi qu'une fabrication mise au point, c'est-à-dire que tous les services de l'Entreprise, tels que: *Technique, Fabrication, Administratif*, etc... doivent être coordonnés de façon à travailler sans défaillance, car il faut prendre en considération que la moindre perturbation entraîne de graves conséquences dans la marche du travail. Etant donné ces conditions, il s'ensuit donc que le travail à la chaîne prévient, réduit ou bien empêche les *défaillances individuelles*, qui par toute autre méthode de travail seraient très difficiles à déceler. Par conséquent, vu cet état de choses, tout le personnel doit donc faire son devoir. Notons que si les instructions sont bien données et les tâches bien réparties, il n'y a pas de doute qu'une telle discipline contribue à former de la maîtrise de l'Entreprise, c'est-à-dire de l'Usine, de l'Atelier, etc..., un ensemble homogène et efficace.

Il est incontestable que le travail à la chaîne est, contrairement à l'opinion courante, un travail de précision, car il n'empêche pas d'obtenir un travail « *fini* »; il se prête en effet particulièrement bien au contrôle sévère des diverses opérations. L'étude très poussée des temps ne peut être faite que sur des pièces toutes identiques, aux toléran-

ces près, et qui doivent se monter du premier coup. Egalement, à toutes les phases de fabrication, les difficultés de toute nature doivent être réduites au minimum possible, par un contrôle extrêmement sévère. Soulignons que le travail à la chaîne facilite ce contrôle, comme nous l'avons dit plus haut, évidemment, cela est dû au fait que les différentes opérations de montage sont disposées dans l'espace, et qu'il est ainsi facile d'effectuer un contrôle à des postes désirés. A cet effet, nous donnons le schéma représenté par la Fig. V. Enfin, ce contrôle peut être beaucoup plus efficace que celui employé dans les méthodes habituelles de travail.



retirés de la chaîne de travail et réparés sur des tables annexes de façon à assurer la continuité du travail. Ensuite, ils sont alors remplacés immédiatement par des appareils provenant de réparations. Enfin, pour mieux illustrer cette explication, nous donnons, à cet effet, le schéma représenté par la Fig. VI.

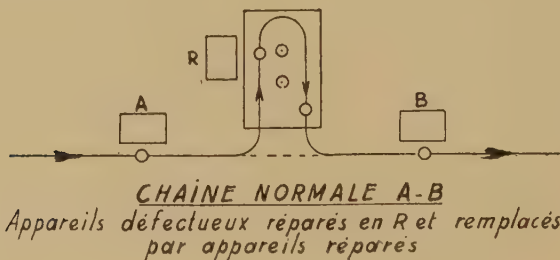


Fig. VI. — Schéma de table de réparations.

Pour terminer ce chapitre, il est indispensable de noter que dans une organisation du *travail à la chaîne*, il est impossible que les ouvriers se dérangent pour aller chercher leurs outils, mais il incombe à la direction de prévoir, pour chaque ouvrier un stock d'outils prêts, constamment renouvelé. Il est aussi nécessaire de veiller à ce que les outils soient toujours en bon état de service. Au surplus, il est prudent de prévoir, évidemment autant que possible, des outils supplémentaires pour certaines opérations, afin de pouvoir assurer la continuité de la fabrication pendant la réparation des outils au cas où ils seraient mis momentanément hors d'usage. Car, qu'il s'agisse d'hommes ou de machines, on ne fait du bon travail qu'avec de bons outils.

Donc, le travail à la chaîne *oblige* les chefs, à tous les degrés, à étudier de beaucoup plus près toutes ces questions d'*Organisation du travail*. Le principe de DESCARTES, de la division de la difficulté en éléments plus simples se trouve si l'on peut dire concrétisé par la division du travail sur les chaînes de montage où chacune des opérations élémentaires représente la difficulté primaire que l'on doit résoudre avec toute la compétence voulue.

CHAPITRE III. — *Les conditions du Facteur Humain dans le Travail à la Chaîne.*

Comme nous l'avons déjà dit auparavant les temps élémentaires des opérations d'une même chaîne doivent être parfaitement équilibrés. Evidemment, cette étude n'est pas facile à faire par suite de la grande précision exigée, étant donné que les opérations sont rigidement liées entre elles. Il faut pour cette étude un personnel technique apte à l'analyse des opérations et à leur reconstruction.

Notons qu'aux *Etats-Unis* où le développement du travail à la chaîne a été poussé très loin, on commence à se servir, depuis quelques années, du cinématographe au ralenti, dont les perfectionnements ont permis l'application dans les usines et les ateliers. Ce nouveau procédé d'investigation a conduit à modifier profondément l'organisation du travail individuel, non seulement en supprimant les mouvements inutiles, mais en groupant méthodiquement les pièces ou les opérations, en développant les montages et surtout, en faisant travailler *simultanément* les deux mains (1). A cet effet, nous donnons la Fig. VII, représentant le schéma A du *développement admissible*, de mains d'un ouvrier indiquant l'emplacement possible des outils et des matériaux, ainsi que le tracé B de la disposition rationnelle d'une *table individuelle* de travail. Dans certains cas on a d'ailleurs constaté qu'il y avait intérêt à supprimer les petites chaînes pour leur substituer des travaux individuels établis suivant ces nouveaux procédés. Enfin, étant donné cet état

(1) *Même aidé de MINERVE, servez-vous de vos mains.* (Proverbe grec).

de choses, on a pu ainsi penser que la faillite du travail à la chaîne était proche, mais, en ce qui nous concerne, nous ne sommes pas de cet avis. Le développement des chaî-

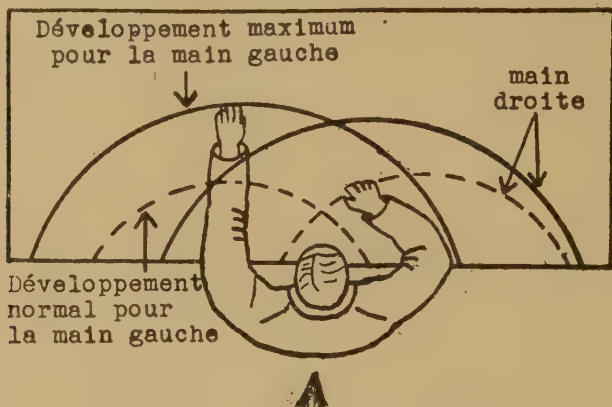


Schéma du développement admissible



Tracé de la table individuelle

Fig. VII. — Disposition rationnelle du travail d'un ouvrier

nes a certainement donné lieu à des erreurs, provenant principalement d'une division trop poussée du travail ou d'une insuffisante analyse des temps. Pour cela, il s'est donc

produit en face de certaines exagérations, des réactions inévitables, mais on ne doit pas conclure pour cette raison à l'abandon du travail à la chaîne qui présente vraiment des avantages *caractérisés* méritant d'être conservés, et sur lesquels nous reviendrons par la suite.

Par conséquent, à notre avis, l'emploi du cinématographe au ralenti doit contribuer au contraire à édifier l'organisation des chaînes sur des bases solides, d'une part, en équilibrant mieux les opérations élémentaires, et d'autre part, en augmentant le rendement individuel.

Nous admettons certainement que tout ce qui est routinier est beaucoup plus facile à accomplir et que l'habitude simplifie l'action. Elle supprime la perte de temps, permet de faire le travail en bien moins de temps, et de cette manière nous procure plus de loisirs. Notons qu'il faudra également incorporer dans le travail l'élément « *intérêt* » ; ce qui permet précisément l'application de la technique des mouvements. Elle procure à l'ouvrier de nouvelles méthodes de travail, et lui offre la possibilité en même temps d'améliorer sa situation matérielle, ce qui n'était pas possible pour lui auparavant.

Enfin, bien qu'il existe des différences dans l'habileté naturelle des travailleurs, il est vrai aussi que le degré d'habileté obtenu par un travailleur donné, est grandement influencé par la *formation routinière* durant la période d'apprentissage, et, si les principes d'économie des mouvements auxquels nous nous référons sont mis en pratique depuis le commencement de la période d'apprentissage, un plus haut degré d'habileté peut être atteint.

Notons que d'après les lois d'économie, données par les GILBRETH, tous les mouvements de la main peuvent être classés en cinq catégories qui sont les suivantes :

- a) Mouvements des doigts ;
- b) Mouvements intéressant les doigts et le poignet ;
- c) Mouvements des doigts, du poignet et de l'avant-bras ;
- d) Mouvements des doigts, du poignet et du bras entier ;

e) Tous les mouvements précédents combinés avec le mouvement du corps, (cette dernière catégorie nécessite un changement de position).

Ces catégories générales sont données dans l'ordre progressif, par conséquent la première exige le minimum de temps et d'effort. Il est donc fondamental de limiter les mouvements à la catégorie la plus simple, compatible avec le travail à faire. La disposition convenable des matériaux et des outils dans la zone du travail est extrêmement importante, et les règles qui gouvernent ce facteur donnent à l'analyste un aperçu définitif du problème de l'organisation du travail.

Maintenant, nous rapportant à la Fig. VII, notamment en ce qui concerne le tracé B de la *disposition de la table individuelle de travail*; considérant le plan horizontal, il y a une surface définie à l'intérieur de laquelle matériaux et outils doivent être placés de telle sorte qu'ils puissent être atteints, et l'ouvrage accompli avec une dépense normale d'énergie.

Tandis que le schéma A représente le *développement admissible de mains d'un ouvrier*; la surface pour la main droite est indiquée par un arc tiré avec le bras droit, entièrement étendu et balayant la table en pivotant autour de l'épaule. La surface pour la main gauche est également indiquée par l'extension du bras gauche en avant et un mouvement de rotation autour de l'épaule gauche. Ces deux surfaces de travail sont appelées les zones maxima au delà desquelles il est seulement possible d'employer les mouvements de la cinquième catégorie de la classification, la moins désirable. Enfin, ces deux zones sont à leur tour divisées en deux surfaces nommées « *surfaces normales de travail* » qui sont indiquées par des arcs tirés de la même façon, mais avec les avant-bras seulement étendus, le haut du bras étant plus ou moins au repos et le coude au corps jusqu'à l'achèvement du mouvement, quand le coude suit l'inclination naturelle à s'écarter. Evidemment, ces zones représentent les surfaces meilleures à l'intérieur desquelles on place les matériaux et outils. En conséquence, maté-

riaux et outils doivent être placés à l'intérieur de la surface normale de travail et en fonction de la classification de mouvements la plus basse, permise par le caractère du travail.

L'aptitude à analyser et à évaluer les mouvements élémentaires, ainsi que le temps nécessaire à leur accomplissement est extrêmement importante parce qu'elle sert à déterminer la valeur réelle de l'économie des mouvements. Soulignons qu'on ne peut trop remarquer l'importance qu'il y a à développer en soi l'aptitude à penser en fonction des mouvements. En développant cette faculté on arrive à pouvoir noter inconsciemment les mouvements qui entrent dans l'accomplissement d'un travail donné, plutôt que de noter les phases mêmes de l'opération. Cette habitude de réflexion ne peut être atteinte que par une pratique répétée. Celui qui a acquis cette habitude, ainsi que la compréhension de la valeur de l'économie des mouvements et qui en outre peut améliorer les méthodes de travail par l'emploi des moyens mécaniques peut être considéré comme pleinement au courant de la technique des mouvements, et par conséquent de l'étude du facteur humain.

Les règles déjà mentionnées concernant la disposition rationnelle des outils et matériaux comprennent entre autres la règle d'après laquelle une place fixe et déterminée doit être désignée une fois pour toutes pour chaque outil. Cela contribue à rendre automatique le mouvement de la main se déplaçant toujours entre des points déterminés. L'automatisme remplaçant la réflexion demande moins d'effort et facilite à rendre les mouvements plus rythmiques. Et le rythme, comme on le sait, est un des facteurs importants de l'agilité dans le travail.

Une raison qui explique la méconnaissance de l'importance des études de mouvements est, je le crois, l'importance donnée dans les écrits de GILBRETH aux méthodes de laboratoire et leur prédominance. Beaucoup en ont déduit que ce n'était pas une méthode à utiliser en atelier. Et voici, la lecture d'un passage de ces écrits, montrant que ce point de vue est absolument erronné, notamment:

... « L'étude des mouvements consiste à diviser le travail dans le plus grand nombre possible d'opérations fondamentales, à étudier ces éléments séparément et par rapport les uns aux autres, et à partir de ces éléments étudiés et chronométrés, à déterminer la méthode de perte minimum... »

Il faut prendre en considération que l'étude des temps et des mouvements est plus qu'une simple étude d'accélération, mais qu'elle est aussi une analyse détaillée et approfondie de l'objet à produire, notamment au point de vue de fabrication, de production, de contrôle, de l'organisation des surfaces de travail, etc...

Par conséquent, il résulte de ce fait que la plupart des personnes qui cherchent à opposer les deux méthodes, c'est-à-dire l'étude des temps, à celle des mouvements, ont été absolument incapables de saisir la *philosophie fondamentale* de GILBRET. Elles ont simplement pris le plus grand perfectionnement, notamment l'étude micrométrique du mouvement, et s'étant immédiatement convaincues qu'il n'était pas pratique pour le but qu'elles poursuivaient, elles ont complètement abandonné toute étude, concluant qu'il n'y avait là qu'une méthode de laboratoire inapplicable et non économique.

Rappelons que nous avons insisté antérieurement sur le fait que le rendement élevé de la main-d'œuvre est atteint d'autant plus rapidement que les opérations élémentaires sont plus simples; la simplification extrême consiste à ne faire exécuter qu'un seul travail, comme par exemple, *ser-rage d'un boulon, d'un écrou, soudure d'un fil*, etc... On remarque d'ailleurs que les opérations les plus complexes ne sont que des *juxtapositions* de mouvements simples qui sont relativement peu nombreux, si l'on considère un seul genre d'industrie.

D'autre part, l'obtention du rendement efficace conduit à rechercher le meilleur rendement possible du « *moteur humain* », recherche qui est d'ailleurs facilitée par la simplification du travail. Dans ces conditions on constate que les possibilités humaines, sont, dans la plupart des cas, très

mal utilisées parce que l'énergie humaine s'épuise en gestes inutiles, ou bien dans des conditions physiologiques de travail, déplorables et souvent même inadmissibles.

Notons que dans l'organisation du travail à la chaîne le côté *social* du problème n'est pas en opposition avec le côté *technique*, mais au contraire, grâce au développement de ce dernier, comme nous l'avons déjà dit, on arrive non seulement à l'amélioration des conditions matérielles de l'ouvrier, mais aussi à celles concernant le *bien-être* général au point de vue humain.

Enfin, les données ci-dessus résument les conditions du facteur humain, qui doivent être prises en considération dans l'organisation du travail en général, et tout particulièrement dans celle du travail à la chaîne, étant donné qu'elle nécessite une étude d'analyse approfondie concernant les temps d'opérations.

Maintenant, pour compléter ce chapitre, il serait intéressant pour nous d'exposer l'ensemble des *lois de l'économie des mouvements*, données par les GILBRETH, dont voici leur énumération disposée dans l'ordre, selon leur catégorie de classification notamment :

1°) Les deux mains doivent de préférence commencer leur mouvements simultanément;

2°) Les deux mains doivent de préférence terminer leurs mouvements au même instant;

3°) Les deux mains ne doivent pas rester sans rien faire au même instant, excepté pendant les périodes de repos;

4°) Les mouvements des bras doivent être dirigés dans des directions opposées et symétriques et non pas dans la même direction; ces mouvements doivent être simultanés;

5°) Les moments d'hésitations doivent être analysés et étudiés; leurs causes reconnues et éliminées si possible;

6°) Le temps le plus court pour accomplir une partie de travail doit être considéré comme temps record à atteindre, les raisons de temps plus longs nécessaires pour accomplissement d'autres parties du travail doivent être connues;

7°) On doit tenir compte du nombre de mouvements élémentaires nécessaires pour accomplir un travail; le meilleur moyen de faire un travail est presque toujours présenté par une succession d'un très petit nombre de mouvements;

8°) La succession la plus parfaite de mouvements pour un travail quelconque peut toujours servir de modèle pour un autre genre de travail;

9°) Chaque cas où il se produit un arrêt dans l'exécution du travail doit suggérer la possibilité d'exécuter un autre travail pendant ce temps ou d'étudier les causes de fatigue;

10°) Les variations du temps requis pour l'accomplissement d'un même mouvement élémentaire, doivent être notées et les causes de variations recherchées;

11°) On doit noter les lenteurs de certaines parties du corps humain par rapport aux autres parties;

12°) Le matériel et l'outillage doivent être placés à la portée de la main de l'ouvrier;

13°) Les mouvements divers doivent être de préférence choisis parmi les mouvements occasionnant le moins de fatigue, suivant la classification ci-dessous (1) :

- a) Mouvements des doigts;
- b) Mouvements intéressant les doigts et le poignet;
- c) Mouvements des doigts, du poignet et de l'avant-bras;
- d) Mouvements des doigts, du poignet et du bras entier;
- e) Tous les mouvements précédents combinés avec le mouvement du corps;

14°) Les matériaux et outils doivent être disposés de façon à permettre la succession naturelle des mouvements élémentaires.

(1) Même classification des mouvements qui a été donnée antérieurement.

Tout ce qui est nécessaire au mouvement du cycle suivant doit être voisin du point de pose de la pièce finie provenant du cycle précédent;

15°) La succession des mouvements doit être arrangée de façon à obtenir une opération automatique et rythmique;

16°) Les mains doivent être débarrassées de tout travail qui peut être fait par les pieds, ou autres parties du corps;

17°) Les matériaux et outils doivent être disposés à l'avance de façon à réduire autant que possible les mouvements de *recherche, découverte et choix*.

18°) Les distributeurs par gravité doivent être utilisés pour délivrer les matériaux aussi près que possible du point de leur utilisation ou de leur montage. Ce point doit se trouver à la hauteur de l'endroit où la pièce doit être montée, afin de supprimer toute élévation ou changement de direction inutile;

19°) Des éjecteurs doivent être employés pour enlever les pièces finies ;

20°) Employer des appareils d'évacuation par gravité permettant à l'ouvrier d'évacuer la pièce finie sans faire pour cela de mouvements superflus.

Enfin, il est bon de noter que les améliorations des conditions et méthodes de travail nécessitent des études répétées des mouvements d'essai et des temps de leur accomplissement. Pendant ces essais on s'applique à perfectionner les détails en comparant le temps, et quand aucun perfectionnement n'est plus possible, on note la nouvelle méthode et le temps correspondant. Soulignons que la position de l'ouvrage au moment de commencer le travail a une grande importance. Rappelons qu'on gagne beaucoup de temps avec des aménagements spéciaux pour supporter et disposer convenablement les matériaux et les outils, comme nous l'avons indiqué dans la Fig. VII, par conséquent, il faut toujours se rappeler que le travail pour être vraiment effectif doit s'accomplir à l'intérieur d'une surface normale bien définie.

Nous savons qu'en ce qui concerne le travail à la chaîne, le plus sérieux inconvénient réside dans le peu d'attention que nécessite ce travail en comparaison avec les autres méthodes, et dans la liberté intellectuelle qu'il laisse à l'ouvrier. « *La paresse est la mère de tous les vices* », dit un proverbe. L'oisiveté mentale est de beaucoup la plus dangereuse. En voici une constatation maintes fois vérifiée : les ouvriers travaillant à la chaîne accueillent plus facilement que les autres les *théories subversives*. Notons que dans la Société moderne actuelle, où les opinions se forment à grand renfort de publicité, il est facile de mesurer le danger que présente pareille réceptivité. C'est la raison pour laquelle les grandes firmes américaines se sont efforcées, par divers moyens, d'intéresser les salariés à la direction générale des affaires ; c'est pourquoi elles ont créé, à cet effet, des *centres de culture*, des *sociétés sportives*, etc... Mais d'une façon générale, il est bon de prendre en considération que l'Organisation Scientifique du Travail doit être basée sur ce principe fondamental : l'augmentation du rendement ouvrier doit être limitée par les efforts des travailleurs, c'est-à-dire, avant tout, se soucier d'obtenir la meilleure utilisation des forces humaines ; *rendement maximum, effort minimum*.

Il est incontestable que dans la *Rationalisation*, toute la difficulté réside dans la nature humaine. Ceci est vrai aussi bien dans le temps des améliorations industrielles, que dans le développement de n'importe quel mouvement produit, de procédé ou de matériel. Les hommes n'ont pas suivi le progrès pour deux raisons ; premièrement, nous résistons à tout ce qui est nouveau ; deuxièmement, nous avons tous l'esprit critique très développé.

Actuellement, beaucoup se sont consacrés à l'étude de la technique du mouvement et à l'élimination des pertes, mais il leur manque la coopération nécessaire. « *La Coopération* » est, à notre avis, le secret du succès de toutes les études sur les mouvements et les temps concernant l'organisation scientifique du travail.

DEUXIEME PARTIE

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

CHAPITRE I. — *Les Avantages du Travail à la Chaîne.*

Dans les chapitres précédents, nous n'avons parlé que de certains avantages que présente le travail à la chaîne, et maintenant, nous allons tâcher de donner un exposé d'ensemble de tous les avantages qui méritent d'être pris en considération dans l'étude de cette méthode, afin que nous puissions mieux nous rendre compte de son importance dans les applications industrielles.

A cet effet, nous allons donc les énumérer, et par la suite donner les principaux points caractéristiques qu'elles dégagent du point de vue pratique et économique.

Voici cette énumération :

- I. — *Elimination des temps improductifs;*
- II. — *Diminution de la fatigue des exécutants;*
- III. — *Suppression d'opérations pénibles ou dangereuses;*
- IV. — *Cadence de production;*
- V. — *Possibilité d'un entraînement progressif des ouvriers;*
- VI. — *Contrôle de la production et simplification de la comptabilité industrielle;*

VII. — *Solidarité dans le travail;*

VIII. — *Réduction du stock immobilisé en cours de fabrication;*

IX. — *Réduction des surfaces improductives dans les locaux de travail.*

Et voici maintenant quelques détails concernant les points caractéristiques de ces grands avantages. Notons que parmi ces derniers se trouve la possibilité de réaliser des installations, permettant d'effectuer des travaux d'une façon complètement automatique avec, comme seule main-d'œuvre, l'accrochage et le décrochage des pièces sur la chaîne proprement dite.

I. — ELIMINATION DES TEMPS IMPRODUCTIFS

Cet avantage tient, tout d'abord, à la quantité souvent même insoupçonnée, de manutention que doit faire l'ouvrier d'une façon générale, dans les gestes improductifs seuls semblent avant tout devoir retenir notre attention. Admettons qu'il s'agisse par exemple de monter un moteur industriel complet, dont pour ce travail la chaîne emploie 24 ouvriers, groupés en un certain nombre de postes, et la cadence de travail fixée soit de dix minutes. D'après ces données, il en résulte que l'opération de montage total se divise en vingt-quatre opérations élémentaires, ou bien groupes d'opérations, de montage partiel de dix minutes. Par conséquent, le premier travail consistera à placer sur la chaîne, toutes les dix minutes, un carter cylindre et le dernier à enlever de celle-ci, également toutes les dix minutes, un moteur prêt à subir les essais.

En admettant que le raisonnement mathématique corresponde exactement à la réalité des faits, il serait assez difficile de concevoir comment le travail à la chaîne est susceptible d'augmenter la production. Dans l'exemple choisi, où une chaîne de travail de 24 ouvriers permettrait d'effectuer le montage partiel d'un produit donné en dix minutes, on

constate que le temps total du travail réalisé sur le produit correspond à 240 minutes, soit à 4 heures de travail. Maintenant, dira-t-on, pourquoi le même ouvrier n'emploierait-il pas son temps sur la même unité de produit qui lui exigerait 240 minutes au lieu de 10 ? Dans une journée de 8 heures de travail ou de 480 minutes, l'ouvrier fabriquerait deux unités de produit, soit pour les 24 ouvriers, 48 produits terminés. Il en résulte donc qu'au travail à la chaîne, les 24 ouvriers produisent dans les 480 minutes, soit d'une journée de 8 heures de travail, une unité toutes les dix minutes, soit au total 48 unités, nombre égal au précédent. Par conséquent, on se demande donc en quoi consiste le bénéfice du travail à la chaîne ? La vérité est que, si le montage d'un produit à la chaîne, demande un total de 240 minutes de travail, effectué individuellement, ou bien par équipes ordinaires, incontestablement, il demandera une durée plus longue, à cause de la nécessité pour le personnel ouvrier d'effectuer un nombre beaucoup plus considérable de *gestes improductifs*.

Nous savons qu'en général, dans les entreprises industrielles, le service des prix de revient, a également pour mission de calculer et de surveiller le rapport existant entre la main-d'œuvre directe (productive) et la main-d'œuvre indirecte (improductive). Mais nous savons aussi qu'à l'heure actuelle, étant donné les conditions habituelles de la production, il est presque impossible d'évaluer la part de l'effort directement productif dans le coût de cette main-d'œuvre, appelé directe. Enfin, l'organisation du travail à la chaîne, procure immédiatement, par la réduction importante du travail non directement productif, un avantage considérable d'augmentation de la production, qui permet la diminution des prix de revient, et par conséquent mène à l'amélioration des salaires.

II. — DIMINUTION DE LA FATIGUE DES EXECUTANTS

Evidemment, cet avantage découle du précédent, car comme nous l'avons indiqué dans un des chapitres anté-

rieurs, ce sont généralement les travaux de manutention qui sont souvent les plus pénibles pour la main-d'œuvre, et ceci surtout quand il s'agit des déplacements verticaux de matières ou des pièces de fabrication.

Notons que dans les travaux industriels généralement courants, les opérations productives à effectuer ne demandent que de faibles efforts, étant donné qu'elles consistent en la pose de quelques organes sur une pièce principale, par exemple, en un montage des boulons, etc... C'est pourquoi les ouvriers employés au travail à la chaîne sont très étonnés d'être, malgré l'augmentation d'efforts utiles, fournis par eux, beaucoup moins fatigués qu'auparavant, et pour cela, ils préfèrent le travail à la chaîne à toute autre méthode d'organisation.

III. — SUPPRESSION D'OPÉRATIONS PÉNIBLES OU DANGEREUSES

Il est évident que ce facteur n'est pas l'un des moins importants dans l'application de la méthode de travail à la chaîne, et tout particulièrement quand il s'agit du travail à la chaîne commandée proprement dite. C'est donc la raison pour laquelle il mérite d'être pris en grande considération par les industriels, ainsi que par tous les techniciens s'occupant de l'organisation scientifique du travail, car il a pour objet des éléments d'ordre humain et social, par conséquent il est d'une importance capitale pour le bien-être général du personnel ouvrier travaillant à la chaîne.

IV. — CADENCE DE PRODUCTION

Nous avons dit antérieurement que le principe même du travail à la chaîne implique une cadence de travail; avantage qui présente un intérêt considérable dans l'organisation de la production, car il impose un *rythme* unique aux opérations les plus diverses et parfois les plus distantes.

Étant donné ces conditions, il en résulte que le travail à la chaîne, apporte une amélioration considérable dans

l'organisation rationnelle du travail. Cette amélioration a pour cause les faits suivants :

1°) *Le travail rythmé* est le plus facile pour la main-d'œuvre;

2°) *La régularité dans le travail, qui découle du rythme* observé, est la plus grande *génératrice d'ordre* qu'il soit possible d'introduire dans une fabrication.

V. — POSSIBILITE D'UN ENTRAÎNEMENT PROGRESSIF DES OUVRIERS

Dans le travail à la chaîne commandée, cette possibilité, d'une importance capitale, résulte de la particularité que ce genre d'installation est seul capable de permettre au point de vue pratique, l'amélioration de la cadence de travail adoptée à l'origine, au fur et à mesure que les ouvriers, mieux habitués à leur tâche, diminueront eux-mêmes leur temps d'exécution, ainsi qu'ils rendront facile un entraînement progressif.

Il est bon de noter que ceci est dû aux caractéristiques particulières que présente le dispositif de commande de la chaîne, notamment : l'ensemble du *groupe moteur* comporte un variateur de vitesse, qui permet, par une simple manœuvre d'un volant, d'obtenir une gamme continue de vitesses entre les limites extrêmes (généralement dans un rapport de 1 à 4). Précisons que cette manœuvre ne devra être faite que par le chef d'installation et suivant les ordres et les instructions du Service responsable ou de la Direction de l'atelier.

Enfin, à cet effet on débutera donc à vitesse réduite pour éviter les difficultés de la mise en train d'un personnel peu familiarisé avec la nouvelle méthode de travail; puis on accélérera progressivement selon les conditions du travail.

VI. — CONTROLE DE LA PRODUCTION ET SIMPLIFICATION DE LA COMPTABILITE INDUSTRIELLE

Nous avons vu antérieurement que la méthode de travail à la chaîne, permet un contrôle beaucoup plus facile

et efficace que les anciennes méthodes. En effet, l'organisation du travail à la chaîne commandée, facilite pratiquement la comparaison entre le but recherché et le résultat obtenu, et sauf des anomalies dans la marche de la fabrication, sont toujours connus et analysés.

Notons que cette méthode permet également, dans la plupart des cas, de simplifier la comptabilité industrielle, d'où il en résulte une grande économie de travail. Prenons par exemple le cas dans les entreprises de construction mécanique, où les ouvriers doivent, avant de commencer un travail, recevoir du Bureau de lancement des commandes, un *bon de travail* des pièces à exécuter, et ce bon porte les indications suivantes :

- 1°) Le nombre de pièces à exécuter;
- 2°) Le prix payé, ou le temps alloué par pièce;
- 3°) La date et l'heure du commencement du travail.

Evidemment, dans ce cas, aussitôt le travail terminé, l'ouvrier rend son bon au Bureau mentionné, et ce dernier inscrit la date et l'heure de l'achèvement de son travail. Après cela, les bons en question sont remis aux vérificateurs, qui comptent les pièces usinées, et par suite signalent celles qui sont défectueuses d'usinage. Ensuite, ces bons émargés par la vérification, passent alors au Bureau de pointage, après quoi, la paie des ouvriers est faite suivant les indications de ces bons.

Dans les travaux à la chaîne, cette tâche indispensable à toute organisation rationnelle, se trouve considérablement simplifiée; d'une part, en ce qui concerne la vérification, étant donné que les vérificateurs sont répartis sur la longueur de la chaîne, comme nous pouvons nous en rendre compte d'après la Fig. V, et notent simplement les pièces défectueuses et le nom des ouvriers responsables. D'autre part, il n'est plus nécessaire de faire un bon de travail individuel, c'est-à-dire pour chaque ouvrier, mais il suffit seulement de connaître la production atteinte par la chaîne, pour savoir que tous les ouvriers de cette chaîne doivent être

payés, suivant les bases de salaires correspondant à cette production.

VII. — SOLIDARITE DANS LE TRAVAIL

Il est vraiment intéressant de souligner combien la liaison purement matérielle, réalisée entre tous les ouvriers par le travail à la chaîne commandée proprement dite, influe heureusement d'une façon favorable sur le moral de ces ouvriers.

D'une manière générale, on constate cet effet, après quelques résistances préliminaires, de l'introduction dans un atelier, une usine, ou toute autre entreprise, d'un outillage ou machine perfectionnés. Mais précisons que dans le cas du travail à la chaîne, il y a quelque chose de plus, notamment : la formation d'un véritable « *esprit d'équipe* », comme nous l'avons formulé auparavant, afin que dans le milieu où il s'exerce cet esprit de collaboration puisse être considéré un des facteurs les plus importants dans l'organisation de l'entreprise. Bien entendu, cette solidarité est fondée sur le principe même du travail, étant donné que la chaîne, qui exige le fonctionnement normal de tous les éléments, tant humains que matériels, facilite grandement, d'une part, la fabrication, et d'autre part, provoque un contrôle automatique entre les divers membres de l'équipe.

Ceci s'explique, car l'esprit de méthode dégage l'essentiel de chaque question, définit le résultat à poursuivre, ainsi que choisit, met en œuvre et dose les moyens d'action, précisément d'une façon telle permettant de pouvoir s'approcher du but avec l'assurance voulue. « Etudiez avec une méthode et une précision les opérations de l'industrie », disait en substance TAYLOR dans ses *Principes d'Organisation*, « vous reconnaîtrez que leur rendement est extrêmement faible et pourrait être augmenté dans une énorme proportion sans difficulté », et il ajoutait encore : « Il suffirait pour cela que le patron s'acquitte réellement des devoirs de préparation et de coordination qui lui incombent, et que l'ouvrier n'y fasse pas d'opposition. Quand l'un et

l'autre se préoccupent avant tout d'augmenter les bénéfices et non pas de marchander à son associé la part qui lui revient, tous les deux y trouvent un grand avantage. Ce n'est du reste pas dans l'augmentation du salaire que réside le plus grand intérêt de cette attitude, mais bien dans le fait que l'ouvrier est amené à considérer le patron comme son meilleur ami et non comme son ennemi ». Et TAYLOR disait formellement dans sa déposition devant la *Commission parlementaire*, à *Washington*, en janvier 1912 : « Cette nouvelle attitude, cette nouvelle mentalité, est l'essence même du *scientific management* ».

VIII. — REDUCTION DU STOCK IMMOBILISE EN COURS DE FABRICATION

Il est incontestable, comme nous l'avons du reste remarqué antérieurement, que le problème de la réduction du stock a une importance économique considérable dans toute entreprise productive, quelle que soit son activité. Tout stock constitue un capital immobilisé et, dans ces conditions, il a une influence relative sur les prix de revient. Pour cela, chaque usine possède une organisation qui, suivant le programme de fabrication, fixe d'une façon précise, pour chaque pièce, des délais de livraison, bien entendu en tenant compte d'un stock minimum du magasin, en pièces brutes, afin d'assurer une marche régulière de la production de l'usine.

Notons que ce n'est pas seulement au magasin des pièces brutes qu'il faut s'inquiéter des stocks, mais aussi des stocks intermédiaires, précisément desquels nous avons parlé dès le début de notre étude, et donné, à cet effet, le schéma représenté par la Fig. II, nous montrant la possibilité de la suppression de ces stocks, car, dans bien des cas, un capital important, en matières et en salaires, se trouve immobilisé, et il importe de réduire le montant dans la mesure du possible. Ajoutons que ces dernières années seulement, grâce à l'idée du *travail à la chaîne* et à la politique des petits stocks, certaines entreprises ont fait de grands

efforts pour imposer le point de vue de la *réduction du besoin de capital*. Il est vrai que les travaux qui ont été entrepris dans ce but, ne portèrent guère que sur des domaines limités; il est essentiel pourtant que le principe de l'emploi du minimum de capital soit appliqué à l'ensemble d'une entreprise. Il faut donc apprendre à dominer l'utilisation du capital d'une façon aussi systématique que la constitution des frais d'exploitation.

Pour remédier à cet état de choses, c'est-à-dire à la réduction du stock immobilisé en cours de fabrication, on emploie dans les ateliers possédant des installations de travail à la chaîne et de manutention mécanique, différents systèmes de transporteurs adaptés à la *nature*, à la *forme*, et au *poids* des produits à transporter; et chaque fois que les conditions du travail le permettent, les ouvriers reçoivent les produits à la hauteur voulue pour réduire au minimum les mouvements improductifs. Par conséquent, toutes les pièces qui ne sont pas en exécution sur les machines-outils, se déplacent au moyen de ce transporteur mécanique, dont la *vitesse de marche* est fonction de la *cadence de production* de l'usine.

IX. — RÉDUCTION DES SURFACES IMPRODUCTIVES DANS LES LOCAUX DE TRAVAIL

C'est un des avantages vraiment intéressant, obtenu dans toutes les entreprises industrielles par l'installation de la manutention mécanique en général, et du travail à la chaîne en particulier, car, en réduisant le volume des stocks en cours de fabrication, on arrive toujours à rendre disponible une fraction, plus ou moins grande, des emplacements qu'il faudrait sans cela réserver au stockage des produits en cours de transformation.

Il est à noter que dans la plupart des cas, les transporteurs sont aériens, d'où il en résulte que la récupération de ces emplacements est presque totale si l'on peut dire, et par conséquent, ces surfaces peuvent être occupées par de

nouvelles machines de travail permettant à l'entreprise d'accroître sa production. Enfin, étant donné ces conditions, il est indispensable que les industriels par suite de l'extension de leurs affaires, s'assurent une manutention mécanique en général, et adoptent la méthode de travail à la chaîne en particulier, et, en se basant sur une telle organisation ils pourront tirer *meilleur profit* de leur entreprise, bien entendu, il va de soi que cet état de choses permettra d'améliorer les conditions morales et matérielles des ouvriers, puisque tout progrès ou procédé nouveau amène un *bien-être* dans la vie sociale de la communauté.

CHAPITRE II. — *Les appareils mécaniques pour le travail à la chaîne.*

Pour commencer, il serait intéressant pour nous d'examiner sommairement, l'ensemble des éléments constructifs des appareils de manutention mécanique et de travail à la chaîne commandée proprement dite, notamment construits par la *Société Française des Ateliers de Construction de J. J. Gilain, de Reims*, étant donné que cette maison est spécialisée dans ce genre d'installations.

Nous savons que *l'ensemble d'un appareil de manutention continue* est constitué par *cinq éléments principaux*, ayant chacun leurs fonctions bien déterminées, à savoir :

1°) L'organe de soutien des charges, tels que plateau, crochet, godet, etc...;

2°) Le crochet porteur constitué par une monture munie de galets;

3°) Le chemin de roulement du chariot;

4°) Un organe d'entraînement sans fin, destiné à transmettre à toutes les charges le mouvement de translation, fourni par le groupe moteur de l'appareil.

5°) Une charpente fixée au sol, aux murs, aux poteaux, aux fermes et soutenant l'ensemble de l'installation.

Il est extrêmement intéressant de prendre en considération que chacun de ces organes est susceptible de *transformations* générales, comme d'*adaptations* infiniment variées, bien entendu tout ceci dépend de la nature des charges, de la forme des circuits, ainsi que des conditions d'établissement du problème auxquelles il doit répondre pour être résolu du point de vue de l'application envisagée.

En ce qui concerne la manutention pour le travail à la chaîne, il y a différents types d'installations dont voici leur classification d'après le genre d'appareils :

- I. — *Translateurs pour circuits horizontaux*;
- II. — *Translateurs horizontaux à bielles relevables*;
- III. — *Translateurs pour circuits dénivelés*;
- IV. — *Convoyeurs et Transporteurs à déversement*;
- V. — *Elévateurs et Transélévateurs*;
- VI. — *Appareils spéciaux*.

Evidemment, au point de vue pratique, l'application de tel ou tel genre d'appareil, dépend essentiellement de l'ensemble du problème à résoudre. Il faut admettre qu'il n'est pas deux manutentions qui se ressemblent; bien mieux, il est des manutentions semblables que leurs caractéristiques rendent complètement différentes à cause de certaines conditions particulières.

Donnons maintenant quelques détails de construction très importants pour un bon fonctionnement de l'ensemble; détails se rapportant aux *groupes moteurs des appareils de manutention mécanique*, destinés aux installations pour le travail à la chaîne.

Ils comportent généralement, entre autres :

1°) Un accouplement élastique à limiteur automatique d'effort qui a pour but, tout en assurant un embrayage progressif au démarrage, de protéger également la chaîne contre tout effort anormal, pour cela, il patine dès que cet effort dépasse la limite normale et débraye aussitôt le moteur de commande;

2°) Un variateur de vitesses permettant, par la simple manœuvre d'un volant, d'obtenir une gamme continue de vitesses entre les limites extrêmes (généralement dans le rapport de 1 à 4), dont nous avons parlé antérieurement. Rappelons que cette facilité est mise à profit dans ces appareils pour *l'entraînement progressif des ouvriers*, et dans certains cas, pour qu'ils puissent s'adapter rapidement à des fabrications ou bien à des débits variables;

3°) Des trains d'engrenages en acier taillé à haut rendement de transmission, ainsi que l'application des roulements à billes à tous les galets et arbres qui permet de réduire considérablement la consommation d'énergie des appareils.

Enfin, nous sommes certains qu'en ce qui concerne la question générale de tout problème de manutention mécanique dans le travail à la chaîne, l'Ingénieur spécialisé en la matière pourra toujours le résoudre en apportant, bien entendu, une solution pratique et à la fois élégante quel que soit le circuit à parcourir, quelle que soit la matière à transporter, et quelles que soient les conditions du transport envisagé, car nous savons qu'à l'heure actuelle, dans l'*Art de l'Ingénieur* tout est résolu suivant le dernier progrès de la technique moderne, en tenant compte des principes de l'*Organisation scientifique du travail*.

Tâchons maintenant, par un exemple typique de déterminer les conditions générales d'établissement d'une *installation de manutention mécanique du travail à la chaîne*; notamment dans une *usine d'automobiles*, étant donné que dans cette branche industrielle cette méthode de travail est applicable à un grand nombre d'opérations. A cet effet, prenons donc le travail du *montage des châssis*, qui est un des plus répandus du travail à la chaîne proprement dite. Dans notre cas, supposons que la superficie de l'usine permette d'installer une chaîne nécessaire pour le montage de 12 châssis à la fois, d'où il en résulte que le montage complet de chaque châssis s'effectuera en un même nombre d'opérations, c'est-à-dire en 12 phases différentes.

Par conséquent il est facile par suite d'analyser le fonctionnement d'une *chaîne*, à l'aide d'une formule simple, et à cet effet, appelons :

H, le nombre d'heures de travail par jour;

N, le nombre d'objets ou produits finis par jour;

C, la « *cadence* » des sorties, en minutes;

$$H \times 60$$

Nous aurons : $C = \frac{\quad}{N}$.

N

Appelons d'autre part :

L, la longueur totale de la chaîne, en mètres;

l, la longueur d'un poste de la Chaîne, mesuré dans le sens de la marche de celle-ci;

P, le nombre de postes de la Chaîne;

V, la vitesse et la marche de la Chaîne;

Z, le temps nécessaire pour parcourir toute la Chaîne, en minutes;

Nous aurons donc :

$$L = P \times l \text{ et } V = \frac{l}{C}$$

$$\text{d'où } Z = \frac{L}{V} = \frac{P \times l}{\frac{l}{C}} = P \times C.$$

Admettons que pour toutes les opérations, c'est-à-dire pour le montage complet, le total du temps nécessaire soit de 500 minutes, et que le nombre de châssis à monter dans une journée de 8 heures de travail, ou bien autrement dit de 480 minutes, soit de 20 unités, d'où nous avons une cadence, c'est-à-dire comme production de base un châssis

toutes les : $\frac{8 \times 60}{20} = 24$ minutes, et au cas où les châssis se trouvent à 4 m. 000 de distance, la chaîne devra avan-

cer avec une vitesse de : $\frac{4 \text{ m. 000}}{24} = 0 \text{ m. 166}$ à la minute;

ainsi que le nombre d'ouvriers nécessaire pour l'exécution de ce travail correspondra pratiquement à :

$$\frac{500 \times 20}{480} = 21.$$

Enfin, d'après ces données sommaires, nous pouvons avoir un aperçu sur la base initiale pour la marche à sui-

vre, en ce qui concerne l'étude de l'établissement d'un transporteur mécanique pour le travail à la chaîne commandée.

Notons que cette installation est essentiellement constituée par une chaîne sans fin, dont l'avance est obtenue suivant les conditions que nous avons exposé antérieurement, notamment en traitant la *possibilité d'un entraînement progressif des ouvriers*. Cette chaîne possède, à intervalles bien déterminés, une série de crochets permettant d'entraîner le châssis qui aura été placé sur la chaîne en vue de subir les opérations nécessaires. Il est utile de préciser que pour permettre l'entraînement du châssis, deux méthodes sont actuellement employées. Suivant la première, on fixe d'abord les 2 essieux sur la carcasse châssis qui circule dans un chemin de roulement au moyen de fausses roues; suivant la deuxième méthode, on fixe les 2 extrémités du châssis à un chevalet monté lui-même sur roues et que la chaîne entraîne dans sa marche.

Il est utile de rappeler que les appareils de manutention mécanique utilisent généralement un organe de traction « *sans fin* », et comme nous l'avons déjà dit, son but est de transmettre, du poste moteur aux charges à déplacer, le mouvement nécessaire. A cet effet, les organes classiques de traction sont les suivants :

1°) *Le câble;*

2°) *Les chaînes articulées.*

La Chaîne-câblée a emprunté aux qualités mécaniques du câble, d'une part, à la constitution de la chaîne, d'autre part, les éléments d'un assemblage nouveau permettant une utilisation meilleure et plus rationnelle de leurs avantages respectifs. *La Chaîne-câblée*, brevetée en France et à l'Etranger, est une chaîne à maillons souples, dont les éléments latéraux sont en câble et les éléments transversaux, appelés axes, constitués par des tiges rigides. L'assemblage de ces différents éléments est rigoureusement fixe et ne comporte aucune articulation; tous leurs mouvements relatifs sont obtenus par l'utilisation de la *flexibilité des parties câblées*.

L'entraînement positif est réalisé par l'entraînement des éléments transversaux rigides dans les encoches de poulies, de forme spéciale, sur la circonférence desquelles la chaîne-câblée s'enroule parfaitement comme le ferait une courroie ou un câble continu, libres de toutes parties rigides.

Enfin, les propriétés exclusives de la *chaîne-câblée* résultent naturellement de sa constitution même et des conditions particulières de sa fabrication, c'est donc pourquoi elle est par excellence, l'organe de traction des meilleurs appareils modernes de manutention continue.

Maintenant, nous allons donner une description sommaire concernant les différents genres d'appareils, selon la classification que nous avons faite auparavant.

I. — *Translateurs pour circuits horizontaux*

Dans son ensemble, ce type d'appareil est caractérisé :

1°) Par la suspension des charges et des organes qui les supportent;

2°) Par un chemin de roulement entièrement *horizontal*.

Il permet le déplacement dans un plan horizontal de charges de toutes natures, quel que soit leur poids. Soulignons que pratiquement, aucune limite n'est imposée, ni à la longueur du circuit qui peut bien dépasser plusieurs centaines de mètres, ni à la complexité de son parcours (déviations et courbes en nombre quelconque); l'entraînement sera toujours assuré par un groupe moteur unique, généralement de faible puissance.

Le chemin de roulement peut être établi à une hauteur telle qu'aucune gêne ne soit apportée à la *circulation*. Evidemment, il est également possible de guider les balancelles à la partie inférieure pour supprimer, dans certains cas, notamment au chargement et au déchargement, toutes les oscillations transversales.

Tous les axes transversaux ne sont pas nécessairement

porteurs, étant donné que l'espacement des charges est déterminé par le débit imposé et qui varie selon les conditions générales de l'installation, il en est de même pour la vitesse de translation et qui varie entre de très larges limites. Evidemment, en ce qui concerne le profil du *chemin de roulement et la forme des chariots*, ainsi que la longueur, la force et la disposition des organes de support, ils sont fonctions, respectivement, des portées à franchir, de l'importance et de la nature des charges, et des conditions accessoires à réaliser.

Enfin, ces appareils peuvent comporter des charpentes entièrement aériennes d'une grande légèreté, ce qui réduit sensiblement la surcharge des points d'appui.

II. — *Translateurs horizontaux à bielles relevables*

Bien entendu, ces appareils, comme les précédents, permettent de déplacer mécaniquement des charges de toutes natures, sur des circuits dont le tracé est horizontal, mais exige de place en place le franchissement de faibles dénivellations (un mètre au plus), soit pour éviter un obstacle, soit pour ménager un passage, soit pour effectuer une opération de trempe, soit pour obtenir un chargement ou déchargement, ou bien encore pour d'autres opérations automatiques.

La solution du problème consiste, tout en laissant la chaîne, les chariots porteurs et le rail du chemin de roulement dans un plan horizontal, à suspendre les charges par l'intermédiaire d'une bielle à double articulation ou d'un lien souple, dont la partie inférieure, munie de galets ou de frottoirs peut être guidée, relevée ou abaissée par simple contact avec un second chemin de roulement ou de glissement qui lui est propre, et dont le profil peut être établi de manière à réaliser toutes les combinaisons et tous les changements de niveaux nécessaires. Notons que des aiguillages automatiques disposés sur le second rail permettent, le cas échéant, le triage des charges.

III. — *Translateurs pour circuits dénivelés.*

En ce qui concerne ce type d'appareils, il est identique à celui se rapportant aux translateurs pour circuits horizontaux, à cette différence près que le chemin de roulement peut cette fois, suivre un parcours comportant des changements de niveaux de nombre et d'importance quelconques, avec des pentes atteignant 45° . Etant donné ces conditions, peuvent être desservis par un circuit *continu*, les tracés les plus complexes parcourant par exemple, successivement, les différents étages d'un bâtiment. Un *chariot spécial*, dit « *universel* » est utilisé dans ces translateurs; il comporte deux galets de roulement, un contre-galet de stabilité et un doigt de poussée monté sur une articulation à rotule, de façon à permettre à la chaîne-câblée de s'orienter librement, par rapport au chariot, dans les pentes et dans les courbes.

Les charges sont suspendues au moyen d'une biellette montée à frottement doux sur un axe solidaire du chariot, de façon à pendre librement par gravité et à rester verticale, même le long des parties inclinées du chemin de roulement. Notons que ce dernier est, généralement, constitué par un simple fer de profil convenable.

IV. — *Convoyeurs et Transporteurs à déversement*

Dans ce groupe, nous envisageons deux différents types d'appareils, comme suit :

A. — *Convoyeurs;*

B. — *Transporteurs à déversement.*

Nous allons donc les examiner successivement.

A. — *Convoyeurs.*

Nous savons que le nom de convoyeurs est généralement réservé à des transporteurs horizontaux ou à dénivellations

se rapprochant du genre translateur, mais possédant un circuit porteur et un circuit moteur parallèles et distincts. Le premier est seulement destiné à supporter les charges, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un chariot; il est donc constitué par un chemin de roulement ou de glissement spécial. Tandis que l'autre, sert de support au circuit moteur, c'est-à-dire à la chaîne-câblée qui est ainsi portée par ses propres chariots roulant sur leur rail.

Ces deux circuits sont rigoureusement indépendants, mais le mouvement d'entraînement se communique de l'un à l'autre, au moyen de dispositifs appropriés, généralement des taquets ou doigts de poussée. Il est également possible de désolidariser, quand on le désire, des chariots et tracteur, c'est-à-dire d'immobiliser l'une quelconque des charges placées dans le circuit moteur, ceci par effacement du taquet d'entraînement et par déviation ou par aiguillage, par exemple.

Enfin, le circuit moteur peut être fractionné en plusieurs éléments distincts, répartis sur des fractions différentes du circuit porteur. Il faut prendre en considération que dans certains cas particuliers, une simplification et un allègement notables peuvent être obtenus en utilisant le même rail de roulement pour les deux séries de chariots. Parmi les dispositifs porteurs les plus couramment employés sont, la *glissière* et les *rouleaux*.

B. — *Transporteurs à déversement.*

Dans l'ensemble, ces appareils se présentent sous un aspect très-analogue à celui d'un transporteur à courroie, c'est-à-dire qu'ils comportent une surface sans fin rectiligne, généralement continue, dont le brin supérieur est utilisé pour le transport et le brin inférieur retourne à vide, ou chargé, sous l'appareil. Mais ici, cette surface est constituée par la juxtaposition d'une série de plateaux en tôle, en bois ou en toute autre matière ou même voire de grilles, ou encore de dispositifs porteurs quelconques dont la consti-

tution est adaptée aux produits ou aux opérations à réaliser.

Soulignons que ces appareils peuvent être montés avec une certaine inclinaison, de façon à former élévateur incliné à condition, toutefois, de retenir les charges et de les empêcher de glisser vers le bas, à l'aide de bordures ou de pièces appropriées à cet effet.

Dans ces appareils, on obtient une surface de travail, ou simplement porteuse complètement libre; le tracé du transporteur peut être établi selon les circuits les plus complexes et comporte toutes les courbes et déviations utiles.

Enfin, dans les transporteurs à déversement, parmi les dispositions spéciales les plus intéressantes, appropriées aux opérations de toutes natures du travail à la chaîne, on peut signaler, d'une part, l'entraînement par mécanisme central avec plateaux porteurs, permettant aux ouvriers de travailler assis, et d'autre part, on peut aussi adopter des plateaux pivotants et dispositifs à tournettes pour la présentation des objets, sur leurs différentes faces par rotation automatique ou non, ainsi que des dispositifs à pupitres, etc...

V. — *Élévateurs et Transélévateurs.*

Concernant ces appareils, nous réunirons sous ce nom tous les transporteurs déplaçant les charges dans un même plan vertical et desservant successivement plusieurs niveaux. Il va de soi que dans ce cas, les organes de support sont généralement assez larges et doivent être entraînés à leurs deux extrémités simultanément, d'où il en résulte la nécessité d'une double ligne de traction proprement dite.

Ces élévateurs sont des appareils exclusivement verticaux, tandis qu'au contraire, les transélévateurs peuvent comporter, à la fois, des parties verticales, inclinées et même horizontales, selon toutes les combinaisons possibles, imposées par les conditions du travail.

Notons que dans ces appareils, les balancelles destinées à supporter les fardeaux sont suspendues aux axes transver-

saux ou aux entretoises mêmes de l'appareil. Celui-ci peut être prévu avec chargements et déchargements automatiques; pour cela, il suffit d'utiliser des balancelles et des tables de réception à peignes ou à grilles, et dans ce cas, une recette est établie à chacun des niveaux desservis.

VI. — *Appareils spéciaux*

En dehors des appareils courants que nous venons de passer en revue, nous devons signaler quelques appareils spéciaux, d'un emploi très particulier, utilisés pour la manutention mécanique dans les usines en général, et tout spécialement pour assurer le transport entre différents services. Ces appareils sont les suivants :

A. — *Appareils de gerbage et de déchargement*; fixes ou mobiles, ils facilitent les chargements et déchargements des camions, stockages, etc..., et sont souvent d'utiles auxiliaires de transport des circuits plus importants qu'ils desservent.

B. — *Transporteurs à poussoirs et à râclettes*; les premiers sont utilisés, comme leur nom l'indique du reste, pour l'entraînement des charges dans une glissière ou sur un chemin de roulement quelconque, par conséquent, ce sont de véritables convoyeurs. Tandis que les seconds sont une variante des transporteurs à poussoirs, plus spécialement destinés à la manutention des matières en vrac, telles que grains, produits chimiques, etc...

C. — *Élévateurs à godets*; enfin, ces derniers appareils sont également utilisés pour la manutention des matières en vrac, tout comme les transporteurs à poussoirs, mais bien entendu leur emploi dépend aussi de la nature de la matière à transporter. Notons que la forme des godets varie selon la matière et suivant le type d'appareil, car ces élévateurs sont soit verticaux, soit inclinés, selon les conditions d'installation.

CHAPITRE III. — DIVERSES APPLICATIONS DU TRAVAIL A LA CHAÎNE.

L'extension des applications du travail à la chaîne s'est beaucoup développée, surtout ces dernières années, grâce au progrès qui s'est manifesté dans l'industrie par l'introduction du *Machinisme* et la *Rationalisation du travail*; l'un et l'autre se traduisent par une forte augmentation du *rendement individuel*.

Cette substitution de l'*Outil* à l'*Homme* exigeait une immobilisation considérable des capitaux; immobilisation fructueuse à condition d'être effectuée sur une assez vaste échelle. La grande usine a succédé au petit atelier, la société anonyme à l'artisan. Par conséquent, l'unité fondamentale de la vie économique est, dans l'état actuel des choses, donnée d'avance, c'est-à-dire : l'usine, la fabrique, l'entreprise. C'est un organisme qui se trouve dès maintenant géré par une *Direction* qui en règle le fonctionnement rationnel au profit de l'intérêt général de la collectivité. Dans la vie intérieure de cet organisme, le *programme* de travail est élément, non seulement compréhensible mais nécessaire, dans le cas contraire, l'organisme en question périrait.

Fixer les meilleures conditions de fonctionnement d'une unité donnée et ses dimensions optima, incombe à la *Science de l'Organisation du Travail*. En tout cas, le problème de transformation des unités économiques est en somme subséquent. Quand on passe de l'*Economie anarchique* à l'*Economie organisée*, il faut prendre en considération, comme point de départ, autant que possible, les unités existantes. Ajoutons que la Direction judicieuse d'une entreprise plus prospère ou en progression est complètement différente de celle d'une moins prospère ou stagnante. Le passage d'une

entreprise à une autre, ou encore l'évolution dans une même entreprise, exige des expériences plus souples, des tempéraments parfois opposés, et souvent d'autres facultés et presque toujours même d'autres hommes.

Il est utile de noter qu'il fut un temps où l'on croyait que le travail aux pièces donnait les meilleurs résultats, mais soulignons que l'introduction du « *conveyor* » et autre système de travail rationalisé a fourni un rendement encore supérieur tout en rétablissant le principe du salaire fixe. Rappelons que dans la mesure où la rationalisation s'appliquerait à l'organisation du travail à la chaîne, des études psychotechniques doivent être poursuivies pour mettre obstacle à toute fatigue improductive. Etudes du rythme du travail et de l'influence des repos sur le rendement; ces repos, pour être efficaces, doivent être prévus d'avance et non volontaires. Etude aussi des conditions d'accomplissement du travail; debout, assis, etc... Par conséquent, l'application du travail à la chaîne ainsi conçue, c'est-à-dire comme un vaste effort pour soumettre l'orientation de la production à un esprit commun de méthode et de volonté, exige la *sympathie* et la *collaboration ouvrières* à tous les instants.

Maintenant, nous allons donner la description de quelques applications du travail à la chaîne commandée, réalisées dans différentes branches industrielles, notamment :

I. — *Industrie d'automobile;*

II. — *Montage d'accumulateurs;*

III. — *Emaillage automatique;*

IV. — *Industrie du cycle.*

Notons que les quelques exemples que nous donnons, ont été choisis parmi les plus caractéristiques, et également, parmi ceux qui ont fait l'objet du plus grand nombre d'applications particulières; c'est donc pourquoi ils peuvent servir de base pour toute étude d'ordre industriel en général.

I. — Industrie d'automobile.

Reprenons donc notre exemple que nous avons donné dans le Chapitre précédent, c'est-à-dire celui se rapportant à l'établissement d'un transporteur mécanique pour le travail à la chaîne commandée proprement dite, notamment concernant le *montage des châssis* dans une usine d'automobiles.

a) Montage des châssis.

Nous savons que le montant total de toutes les opérations est de 500 minutes, et que le nombre de châssis à monter dans une journée de 8 heures de travail est de 20, d'où nous déduisons que la base de production est de 1 châssis toutes les 24 minutes. Nous savons également vu que les

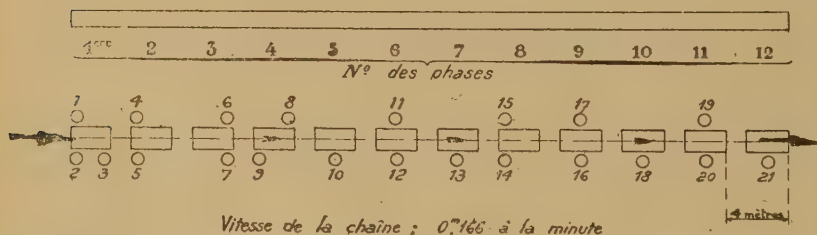


Fig. VIII. — Chaîne de travail pour montage des châssis d'automobiles

châssis sont à une distance de 4 m. 000, ainsi que l'avance de la chaîne correspond à une vitesse de 0 m. 166 à la minute. Enfin, d'après ces données, nous avons trouvé que le nombre d'ouvriers devra être égal à 21 pour effectuer ce travail selon les conditions imposées, en tenant compte que le montage complet du châssis se fera en 12 phases d'opérations et, par conséquent, la chaîne comprendra 12 unités à la fois, comme nous pouvons le voir sur le schéma représenté par la Fig. VIII, que nous donnons à cet effet, afin

que nous puissions mieux nous rendre compte, comment le travail doit être réparti, ou plutôt dire de quelle façon doivent être répartis les ouvriers composant l'équipe, suivant les phases d'opérations pour effectuer leurs travaux. Remarquons que l'emplacement des ouvriers est disposé tel qu'il est indiqué sur le schéma, c'est-à-dire des deux côtés de la chaîne, bien entendu, ceci dépend de la nécessité que doit suivre la marche du travail prévue pour son exécution.

Cette répartition est donc la suivante, et la marche du travail s'effectue comme ci-dessous :

Dès que la carcasse du châssis se trouve sur la chaîne de travail; les ouvriers 1, 2 et 3 commencent leurs opérations. De cette façon ils accomplissent leurs travaux et, bien entendu, suivant le châssis dans son parcours, font ainsi un déplacement de 4 mètres dans les 24 minutes allouées pour l'accomplissement de leur tâche. Après quoi, ils retournent alors à leur point de départ, et le châssis sera repris par les ouvriers 4 et 5 qui effectueront la deuxième phase du travail. Evidemment, les ouvriers 1, 2 et 3 entreprendront un autre châssis et ainsi de suite, et il va donc de soi qu'il en sera de même pour tous les autres ouvriers de l'équipe.

Il en résulte qu'avec une telle méthode de travail, une carcasse de châssis mise en opération, reçoit successivement tous les organes c'est-à-dire : ressorts, essieux avant, pont arrière, moteur, boîte de vitesse, transmissions, direction, tablier, radiateur, silencieux, palonnier et tringles de freins, équipement électrique, réservoir d'essence et, en dernière opération, il n'y a plus qu'à monter les roues, et mettre de l'essence, de l'huile et de l'eau pour procéder aux essais et à la mise au point.

Notons que pour assurer une marche normale de travail, il faut que les ouvriers reçoivent à intervalles réguliers, c'est-à-dire correspondant à ceux de la *cadence de production* (qui doit être fixée d'avance), les organes qu'ils ont à monter accompagnés des boulons, écrous, rondelles, etc..., qui sont nécessaires.

Enfin, il est évident qu'il est possible de monter par le même procédé, les différents groupes, tels que : *moteurs, boîtes de vitesse, ponts arrières*, etc... Evidemment, dans ce cas une étude d'ensemble s'impose afin que les opérations de finition des divers organes se terminent à l'endroit de la chaîne principale, où ils doivent être montés sur le châssis. Il faut aussi organiser le magasin de pièces finies suivant un graphique d'assemblage, judicieusement préparé, de sorte que les magasiniers alimentent d'une façon méthodique la chaîne de transport devant alimenter chaque ouvrier de l'équipe. Les avantages à tirer de telles installations sont très importants. Précisons que les chiffres donnés ci-dessous correspondent sensiblement à la moyenne :

Production augmentée de : 100 %;

Et la surface utilisée est diminuée de : 300 %.

Rappelons, comme nous l'avons indiqué que ces procédés sont avantageux, même dans la fabrication des séries relativement faibles, mais il est bon de noter que la pratique démontre que plus la base de production augmente, plus les avantages sont grands.

b) *Montage des carrosseries.*

Nous savons que les installations de travail à la chaîne ont également apporté une grande amélioration au *prix de revient* dans la fabrication des carrosseries automobiles. Dans les ateliers du type courant, on trouve des stocks encombrants dans tous les endroits. D'autre part, c'est bien dans cette branche que la main-d'œuvre est la plus coûteuse. Raison de plus pour que l'organisation de l'atelier soit conçue de manière à permettre un rendement supérieur et plus facilement contrôlable.

Notons que dans un atelier de carrosserie, équipé de façon moderne, il n'est pas rare de voir des chaînes ayant jusqu'à 200 mètres de longueur.

En ce qui concerne la question de la *diminution du stock* des produits en cours de fabrication, lorsque la disposition

des ateliers le permet, il y a un grand intérêt, à faire en sorte qu'une carrosserie terminée, trouve de suite un châssis sur lequel elle puisse être immédiatement montée. Notons qu'on obtient ce résultat en réglant les cadences des chaînes de montage de châssis et de carrosserie, de sorte que celles-ci s'accordent en harmonie voulue.

II. — *Montage d'accumulateurs.*

Il est certain que la chaîne commandée qui est capable de transporter facilement des pièces lourdes et encombrantes, convient admirablement aussi à la manutention concernant l'alimentation en petites pièces, comme c'est le cas par exemple dans un atelier de montage d'accumulateurs, que nous donnons par la suite.

L'organisation de montage réalisé correspond à une production de 12.500 plaques d'accumulateurs environ, par journée de 8 heures de travail. Cette production journalière équivaut à 1.780 éléments de 3 plaques et 1.780 éléments à 4 plaques, est considérée comme le *débit normal* de la main-d'œuvre employée.

Etant donné ces conditions, il est question d'améliorer ce débit; nous allons donc exposer comment l'application de la méthode de travail à la chaîne commandée peut se faire dans des proportions énormes, avec presque le même nombre d'ouvriers et sans aucune fatigue supplémentaire pour le personnel ouvrier, employé au travail mentionné.

Soulignons que le montage d'un élément d'accumulateurs, dans l'exemple choisi, comporte une chaîne de travail composée de 11 opérations, à savoir :

- 1°) séparer les plaques;
- 2°) fraiser;
- 3°) mettre au gabarit;
- 4°) poser les peignes;
- 5°) souder les prises;
- 6°) couper les bouts;

- 7°) assembler un positif et un négatif;
- 8°) mettre un premier séparateur;
- 9°) mettre un deuxième séparateur;
- 10°) contrôler;
- 11°) mettre en bac.

Dans l'exécution de ce travail, pour assurer les opérations indiquées ci-dessus, il fallait précédemment un effectif de 25 ouvriers. Notons que les opérations en question sont de durée très variable:

En récupérant les temps improductifs par l'adoption de la chaîne commandée, il a été possible de grouper comme suit les anciennes opérations, et par suite d'augmenter en conséquence la quantité du nombre d'éléments fabriqués. En effet, étant donné ces conditions, pour la préparation de 25.000 plaques environ, correspondant à 3.570 éléments de 3 plaques et 3.570 éléments de 4 plaques, il faut prévoir :

Opérations 1 et 2 : 7 ouvriers.

Opérations 3 et 4 : 5 ouvriers.

Opération 5 : 5 ouvriers.

Opération 6 : automatique.

Opérations 7, 8 et 9 : 7 ouvriers.

Opérations 10 et 11 : 2 ouvriers.

Par conséquent, soit un total de 26 ouvriers (c'est-à-dire un de plus), pour une production journalière de 100 % supérieure à celle qui fut réalisée avant, c'est-à-dire sans l'application des méthodes modernes de travail à la chaîne; ces résultats au point de vue économique sont considérables.

III. — *Emaillage automatique*

Nous donnons cet exemple pour montrer que, dans certains cas, l'utilisation de la chaîne de travail, tout en permettant l'exécution des opérations industrielles à effectuer, de façon complètement automatique, a pour effet d'abais-

ser le prix de revient, et ceci non seulement par suite de l'accroissement de la production qui en résulte, mais aussi par la suppression de la presque totalité de la main-d'œuvre antérieurement nécessaire.

Nous savons que l'émail, non seulement donne aux pièces qu'il recouvre un aspect assez agréable et les rend d'un entretien facile, mais encore procure à celles-ci une protection d'une durée supérieure à celle que leur donnerait la peinture. C'est donc pourquoi on tend, dans la plupart des industries, à remplacer la peinture, par l'émaillage; et cette tendance serait plus accentuée encore si le prix de revient de l'opération d'émaillage était sérieusement abaissé.

a) Processus ordinaire des opérations.

Notons qu'il est bon, tout d'abord, de savoir que les installations d'émaillage, doivent pouvoir traiter des pièces de formes très diverses. C'est ainsi que, dans l'automobile, on émaille les gardes-boues, planches de bord et tabliers, roues pleines, capots, boîtes de batterie, etc...

Dans les bicyclettes, on émaille le cadre, la fourche, le garde-boue, etc... Dans ce cas, les pièces à passer au four sont accrochées sur un chariot, ce qui permet de préparer un chargement pendant qu'un autre sèche à l'intérieur. Il existe cependant de nombreuses installations où il est prévu, à l'intérieur des fours, des plaques perforées sur lesquelles les pièces sont posées directement.

Nous savons que pour émailler une pièce quelconque, il faut, avant de mettre l'émail, que cette dernière soit très propre, autrement, l'émail ne tient pas. Si l'on considère que bien des pièces à émailler ont à subir des opérations d'emboutissage à la presse, qui nécessitent l'emploi d'un lubrifiant, on voit qu'il devient indispensable de faire disparaître de la pièce les matières grasses. Notons que les procédés employés à cet effet, sont le sablage et le lavage à l'essence. Il en résulte donc que ceci constitue la première opération.

L'émaillage proprement dit, qui est la deuxième opéra-

tion, se fait ordinairement par divers procédés, notamment, depuis celui du pinceau pour petites séries, en passant par celui du pistolet par jet à pression d'air, jusqu'à la plongée dans un bain d'émail pour les séries importantes.

La troisième opération consiste à suspendre les pièces afin de les laisser s'égoutter pendant environ vingt minutes.

Enfin, la quatrième opération est celle de la cuisson de l'émail. Les pièces mentionnées ci-dessus, sont, à cet effet, introduites dans un four, soit électrique, soit à gaz, ou bien soit à l'huile lourde. Précisons que la température et le temps de durée dans ces fours, varient, bien entendu, suivant les émaux.

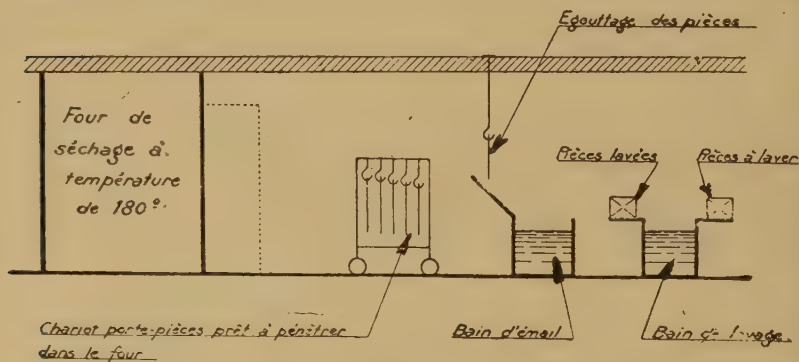


Fig. IX. — Installation d'émaillage pour procédé ordinaire.

Il est bon de noter que, pour les cas les plus fréquents, le four est à la température de 180° , et l'on en retire les pièces au bout de deux heures. Enfin, d'une façon générale, les pièces reçoivent une deuxième couche d'émail, ce qui nécessite également une deuxième cuisson. La Fig. IX représente sommairement le schéma d'une de ces installations, c'est-à-dire d'émaillage par procédé ordinaire.

b) Installations automatiques d'émaillage.

Nous savons, par notre propre expérience, que les ingénieurs qui ont visité les principales usines de construction

d'automobiles aux Etats-Unis, ont pu voir différents fours automatiques, tous basés sur le même principe. Le plus important des fours est certainement celui de la *Maison CHEVROLET*. Son encombrement, en longueur, est de 140 mètres, il a été installé sur le toit de l'usine. Les pièces à émailler arrivent sur le toit par des convoyeurs et, repartent de même après émaillage. Ces fours sont ouverts aux deux extrémités pour laisser passage aux pièces à sécher. Ces dernières sont pendues par des crochets sur des barres qui sont elles-mêmes entraînées par deux chaînes sans fin. Elles se déplacent lentement, d'un bout à l'autre du four, passant tout d'abord dans un premier bac d'émail, s'égouttent et se sèchent. De là, elles passent dans un deuxième bac d'émail, s'égouttent à nouveau, se sèchent et sont recueillies, au bout, toutes finies.

Evidemment, on conçoit la production qui permet d'obtenir une telle installation, d'autant plus importante que la longueur du four est plus grande. Puisque nous savons que les pièces doivent rester environ deux heures dans le four, pour être séchées convenablement, la vitesse du convoyeur porte-pièces, c'est-à-dire la *production*, est donc *fonction* de la *longueur du four*. Il est bien évident que ces fours de 140 mètres de long sont très coûteux, pour cela, ils ne se justifient que pour des productions de plus de 1.000 voitures par jour; ce n'est donc qu'à titre indicatif que nous avons cru devoir citer cette application.

Enfin, nous allons maintenant examiner des cas plus modestes, basés sur le même principe d'installation, susceptibles de rendre de grands services dans de nombreuses usines de moyenne importance.

La Fig. X. représente un de ces fours qui mesure : longueur: environ 7 m., largeur: 1 m. 70 et hauteur : 3 m. Comme on peut voir sur le schéma, les pièces une fois chargées par l'ouvrier, la plongée se fait presque aussitôt.

Les pièces ressortent ensuite et s'égouttent avant de pénétrer dans la partie inférieure du four. En suivant le tracé de la chaîne du schéma en question, nous voyons que les

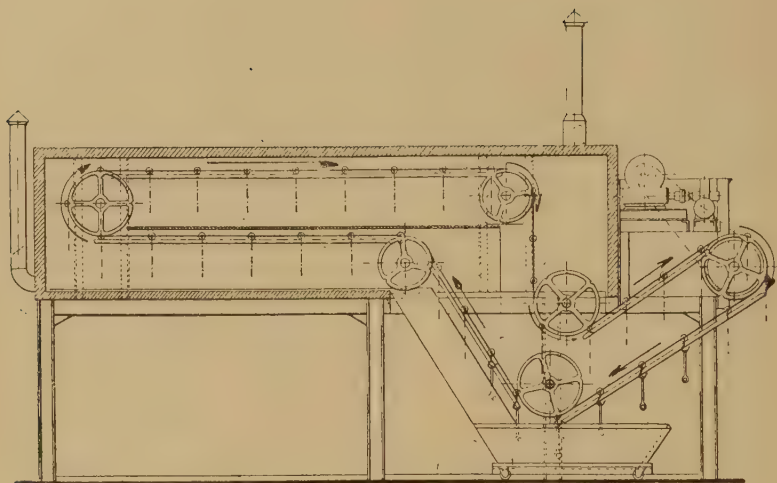


Fig. X. — Ensemble d'installation d'émaillage automatique.

pièces passent après par la partie supérieure du four pour, finalement, revenir à l'endroit où elles sont entrées.

Evidemment, si une deuxième couche d'émail est nécessaire dans le même bain, dans ces conditions, on renouvelera alors une deuxième fois le même circuit. Maintenant, dans le cas où le deuxième bain serait différent du premier comme qualité d'émail, il suffirait d'avoir deux bains au lieu d'un au même emplacement et, dans ce cas, on ne chargera à la première opération que sur la moitié de la longueur des barreaux, car l'autre moitié étant destinée à la deuxième opération, c'est-à-dire à la deuxième plongée dans le deuxième bain et, bien entendu, les pièces seraient changées de place après le premier séchage.

Les barreaux seront donc chargés complètement, mais la moitié des pièces plongera dans le premier bain, tandis que l'autre moitié plongera dans le deuxième.

Il est intéressant de noter qu'avec les dimensions d'un tel four, la chaîne formant convoyeur de pièces, avancerait

à une vitesse d'environ 0 m. 500 à la minute, ce qui donnerait, en fin de journée, une production de pièces assez considérable.

IV. — INDUSTRIE DU CYCLE

Il est incontestable que l'industrie européenne du cycle a, jusqu'à ce jour, été concurrencée par l'industrie américaine d'une manière moins vive que celle de l'automobile. Notons que ceci est dû à d'importantes différences de conditions économiques et sociales qui ont permis, en *Amérique*, un développement inconnu en *Europe* de l'emploi de l'automobile.

S'il y a tout lieu de croire que le nombre des automobiles en circulation ira croissant, la bicyclette est capable de rendre de tels services dans les pays dotés, comme la *France*, de réseaux routiers développés, qu'il semble que l'industrie du cycle conserve encore un bel avenir. Mais évidemment, il lui faudra, pour cela, abaisser son prix de revient de manière à récupérer par ailleurs, notamment dans la clientèle de la jeunesse celle que lui prendra, jusqu'à un certain point, la diffusion de l'automobile d'un bon marché relatif. Enfin, l'extension du travail à la chaîne commandée et de la manutention mécanique est, comme on le verra par la suite, au premier plan des moyens efficaces qu'elle pourra mettre en œuvre pour atteindre ce but.

Maintenant, faisons une description sommaire, en ce qui concerne les opérations les plus courantes, se rapportant à la fabrication des bicyclettes, notamment:

- a) *Opérations diverses;*
- b) *Braçage et sablage des cadres.*

Par conséquent, examinons d'abord celles faisant partie de la première catégorie, c'est-à-dire:

A) *Opérations diverses*

1°) *Montage du cadre.* — Nous savons que le cadre se fabrique, soit en soudé à l'autogène, soit en brasé. Mais

bien entendu, avant de procéder aux opérations de soudure ou de brasage, il faut en faire le montage. Pratiquement, il est donc prouvé qu'en installant une chaîne d'alimentation, il est possible de réduire de 50 % le montant de la part de la main-d'œuvre dans le prix de revient de cette opération.

2°) *Soudage autogène ou brasure.* — Le soudage autogène peut également être fait de façon plus économique, si le travail se fait à la chaîne commandée. Et, pour ce qui est du brasage, on verra, par la suite, les améliorations que l'adoption de la chaîne est susceptible d'apporter à cette opération.

3°) *Usinage des pièces mécaniques.* — Evidemment, dans cette opération aussi, l'installation d'une chaîne d'alimentation, permet d'améliorer le rendement d'une façon considérable, en disposant d'une manière rationnelle, suivant le principe de la continuité, les ouvriers travaillant sur les machines-outils.

4°) *Nickelage et émaillage.* — Le nickelage exige actuellement un personnel assez nombreux, qui peut être notablement réduit si le passage dans les bains s'opère automatiquement, c'est-à-dire au moyen de chaîne de travail. Enfin, en ce qui concerne l'opération de l'émaillage, les perfectionnements possibles ont fait antérieurement l'objet d'une description particulière, par conséquent, nous ne reviendrons pas sur cette question.

5°) *Montage des organes et de la bicyclette.* — Il faut noter que le prix de revient de cette opération effectuée à la chaîne, de façon analogue à celle décrite pour le montage des châssis d'automobile, est en réalité extrêmement modique.

6°) *Graissage et emballage.* — L'ensemble de ces opérations comporte le graissage, l'emballage en papier du cadre, de la fourche et des autres organes, ainsi que l'accrochage de la sacoche sur la selle, leur emballage, et l'emballage du guidon.

B) Brasage et sablage des cadres

I. — Méthode habituelle.

1°) Brasage d'un cadre.

Le *cadre de bicyclette*, (voir croquis Fig. XI), est essentiellement constitué des tubes A, B, C et D, qui sont emmanchés dans les douilles, le support du pédalier et la douille de selle. Les parties à braser représentent les opérations marquées 1, 2 et 3, sur le croquis mentionné.

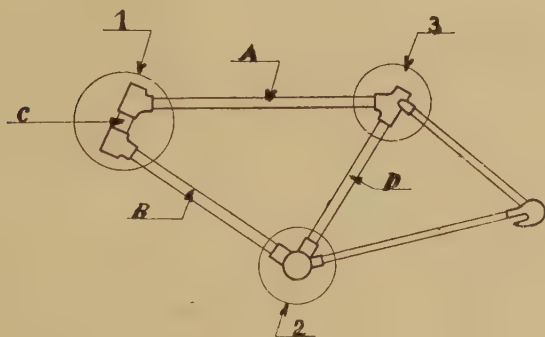


Fig. XI. — Croquis d'un cadre de bicyclette.

Ce brasage se fait actuellement de deux façons distinctes; soit le brasage au chalumeau qui est principalement employé dans les cas de petites séries, soit le brasage par plongée dans un bain de brasure, pour les séries plus importantes.

Dans ce dernier cas, nous savons que l'ouvrier chauffe les cadres dans un four, et quand ils sont à température convenable, les plonge dans le bain en question; il fera trois fois cette opération pour effectuer le brasage complet du cadre. Etant donné ces conditions, cet ouvrier travaille donc constamment au feu et, notons que pour effectuer ces plon-

gées, il saisit les cadres avec des gants en amiante pour éviter de se brûler.

2°) *Sablage d'un cadre.*

Une installation de sablage est, comme nous le savons, essentiellement constituée par une cabine en tôle, dans laquelle se trouve un tuyau flexible terminé par une buse qui projette par pression d'air du sable sur les pièces que l'on veut décaper. Précisons que dans les installations modernes, l'ouvrier est en dehors de la cabine et dirige le jet de sable par une ouverture.

Il travaille avec des gants de caoutchouc et surveille les pièces par une fenêtre vitrée, mais dans de nombreuses installations, l'ouvrier travaille à l'intérieur même de la cabine. Il est muni d'un casque assez semblable à ceux des scaphandriers, afin d'échapper aux poussières de sable et pouvoir respirer l'air extérieur. Il prend donc une certaine provision de cadres et sable les parties qui ont été brasées, afin d'enlever toutes les traces que l'opération de brasage laisse sur les tubes et les douilles.

Il est certain que si une installation permet de faire ces travaux d'une façon entièrement automatique, elle sera bien accueillie de la part du personnel ouvrier, et c'est avec joie que ce dernier quittera la cabine de sablage et les fours à braser pour aller renforcer des équipes occupées à des travaux moins pénibles.

II. — *Brasage et sablage sur chaîne automatique*

1°) *Brasage et sablage.*

La Fig. XII représente le schéma de cette installation. Cette dernière est essentiellement constituée d'une *chaîne sans fin* ayant la forme d'un double U, afin d'effectuer les trois phases d'opérations sans démonter les cadres. Cette chaîne est commandée par moteur électrique, réducteur de vitesse et variateur de vitesse, pour obtenir un mouvement

De A à B, le cadre est simplement transporté, et de B à D s'effectue la première phase que nous examinerons en détail.

De D à E, le cadre est transporté et le montage supportant le cadre, tourne pour présenter la deuxième partie à braser. Cette manœuvre est facilement obtenue mécaniquement et, par conséquent, ne nécessite donc aucune main-d'œuvre.

De E à G, deuxième phase de travail; de G à H transport et deuxième manœuvre du montage du cadre. Et, de H à I, troisième phase de travail; enfin, de I à K, transport du cadre entièrement terminé jusqu'à l'ouvrier (2) qui le décroche pour le faire suivre dans un autre atelier.

Il en résulte donc que cet ouvrier décroche un cadre toutes les minutes, par conséquent, ce qui donne, dans le cas décrit, une production de 60 cadres à l'heure.

2°) *Examen d'une phase de brasage et de sablage.*

Comme le montre la Fig. XII, le cadre passe en premier lieu dans un four spécial en forme de tunnel, dont la longueur et le chauffage sont tels qu'à sa sortie du four, la partie à braser est à une température d'environ 750°. La plongée dans un bain de brasure se fait d'une façon très simple et, intéresse la construction même de l'installation de la chaîne.

Enfin, après immersion, le cadre remonte et se refroidit dans le parcours compris entre le bain et la cabine de sablage. Cette dernière opération s'effectue de la façon suivante:

Le cadre entre dans la cabine de sablage par une porte d'une largeur légèrement plus grande que celle de l'épaisseur du cadre. Dès qu'il est à l'intérieur, la porte, sous la pression d'un ressort, se referme afin que les poussières ne partent pas à l'extérieur. Pendant leur avance dans la cabine, les parties qui ont été brasées, rencontrent différents jets de sable orientés en sens divers, et pivotant eux-mêmes

par un mouvement de manivelles, de telle sorte qu'avant que le cadre ait quitté la zone des jets, toutes les parties qui devaient être sablées le soient entièrement.

L'installation complète comporte trois séries de dispositifs semblables à ceux que nous venons de décrire, afin d'obtenir le brasage complet du cadre. (Voir vue en plan du schéma Fig. XII).

Le travail s'effectue bien d'une façon entièrement automatique, et si nous considérons qu'un ouvrier soit nécessaire pour assurer la surveillance des fours et le rechargement à périodes régulières des creusets de brasure, il faut pour assurer une production de 480 cadres en 8 heures de travail, que l'installation complète ne comprenne que trois personnes; ayant pour toute besogne, l'un d'accrocher un cadre toutes les minutes pour alimenter la chaîne, et l'autre, d'en décrocher un entièrement terminé, à la même cadence.

Il faut prendre en considération que, dans l'installation qui vient d'être décrite, il est évident que le progrès industriel qu'elle représente ne réside pas uniquement dans l'emploi de la chaîne automatique, et que des perfectionnements apportés aux fours et aux dispositifs de sablage qu'on ne trouvera pas couramment sur le marché, contribuent à ce progrès pour une part importante. Mais ce qu'il convient de mettre en relief, c'est que les possibilités nouvelles offertes par le *principe du travail à la chaîne commandée*, ont permis d'orienter les constructeurs de fours et d'appareils à sabler, vers les études qui les ont conduits aux améliorations qu'ils ont réalisées.

Enfin, pour terminer notre ouvrage, nous pouvons dire que cette énumération est loin d'être limitée. A l'examen, il n'est pas une industrie, pas une opération industrielle qui ne puisse faire l'objet d'une *application des méthodes de travail à la chaîne*. Citons au hasard : *biscuiteries, conserves, soie artificielle, papeteries*, etc..., etc..., c'est pourquoi nous souhaitons que ce mode de travail se propage dans toutes les entreprises, les usines et les ateliers, vu le grand intérêt qu'il présente à cause de ses avantages.

RESUME

Résumons maintenant les chapitres faisant objet de la présente étude, afin d'avoir une idée sur l'ensemble du sujet traité.

Dans la première partie, nous avons analysé, tout d'abord, les *caractéristiques générales* auxquelles doit répondre la *Méthode du Travail à la Chaîne*, ensuite nous avons exposé ses *principes d'organisation*, et enfin nous avons précisé les *conditions du facteur humain* correspondant à cette nouvelle méthode de travail.

Dans la deuxième partie, nous avons énuméré les multiples *avantages* que présente cette méthode, ainsi que nous avons fait la description des *appareils mécaniques* utilisés pour ce genre de travail, et en dernier lieu, nous avons donné quelques exemples concernant diverses *applications industrielles*.

Par conséquent, dans cette étude, nous avons traité, tant au point de vue *théorique* que *pratique*, les principales questions que comporte le *Travail à la Chaîne* dans l'*industrie moderne* qui constitue l'élément essentiel du progrès économique et social.

CONCLUSION

Nous admettons que d'après cet exposé, le lecteur puisse se rendre compte de l'importance capitale que présente le « *Travail à la Chaîne* » dans le développement de l'industrie moderne, et même, on peut tirer la conclusion que cette méthode constitue la base fondamentale de la production intensive à bas prix de revient; c'est donc pourquoi, ses principes doivent être appliqués à toutes les activités productives, si l'on veut vraiment arriver, pratiquement, à la solution économique.

Il faut donc prendre en considération que le *travail à la chaîne*, n'est pas un procédé qui agit au détriment des intérêts de l'ouvrier, comme certains le prétendent, mais au contraire, il contribue largement à l'amélioration de ses conditions matérielles et sociales, et par conséquent, à la profusion de son « *bien-être* » général, car grâce à son application, d'une part, les salaires journaliers sont plus élevés, et d'autre part, l'exécution des tâches est plus facile.

Enfin, il y a quelques années, le public parisien a eu l'occasion de voir au cinéma, dans une même séance, se dérouler sur l'écran deux films se rapportant au *Travail à la Chaîne*; dont l'un intitulé: Charlie CHAPLIN dans « *Les Temps Modernes* », et l'autre, d'ordre documentaire : « *Le Vin du bonheur* ».

Dans le premier film, cette nouvelle méthode de travail est complètement dénaturée, car elle est présentée sous une forme extrêmement exagérée, autrement dit, c'est une fantaisie cinématographique. Et, bien entendu, étant donné ces conditions, il en résulte, pour les profanes, que ce mode

de travail est complètement néfaste et tout à fait préjudiciable pour l'ouvrier.

Tandis que le second film, présente la fabrication industrielle du vin de Champagne, et par conséquent, il est donc pris sur le vif; c'est pourquoi il est extrêmement intéressant, et d'autant plus instructif que l'on pouvait très bien voir avec quelles facilité, rapidité et harmonie, les ouvriers et ouvrières exécutaient leur tâche, c'est-à-dire que l'on pouvait apprécier, à leur juste valeur, les résultats pratiques se dégageant de l'application de la méthode du *Travail à la Chaîne* à cette industrie qui est uniquement française. Précisément, c'est grâce à une telle organisation rationnelle et économique que le vin de Champagne, évidemment en temps normal, est à la portée de tous, et il peut être dégusté, dans le monde entier, par des gens de toute condition, étant donné son prix modique.

BIBLIOGRAPHIE

Donnant les principaux ouvrages concernant l'*Organisation Scientifique du Travail*.

AMAR (Jules). — *Organisation Physiologique du Travail*, Paris, 1923, Dunod.

CLARK (Wallace). — *Le Graphique Gantt*, Paris, 1926, Librairie de Documentation Commerciale et Industrielle.

DANTY-LAFRANCE (Louis) et WILLEMER (René). — *La Rémunération de la main-d'œuvre dans l'Organisation du Travail*, Paris, 1937, Sirey.

FAYOL (Henri). — *Administration Industrielle et générale*, Paris, 1931, Dunod.

GANTT (L.-H.). — *Travail, Salaires et Bénéfices*, Paris, 1921, Payot.

GILBRETH (Frank). — *Etude des Mouvements*, Paris, 1928, Dunod.

LE CHATELIER (Henry). — *Le Taylorisme*, Paris, 1934, Dunod.

TAYLOR (F.-W.). — *Principes d'Organisation Scientifique*, Paris, 1929, Dunod.

— *La direction des Ateliers*, Paris, 1930, Dunod.

THOMPSON (Bertrand). — *Méthodes Américaines d'Etablissement des Prix de Revient en Usines*, Paris, 1928, Payot.

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté

**La préparation,
le broyage et le tamisage du charbon
en vue des applications industrielles.**

Vu et approuvé :

Paris, le 24 Juin 1941

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

CH. MAURAIN

Vu

et Permis d'imprimer :

Le Doyen de la Faculté des Sciences

chargé des fonctions de

Recteur de l'Académie de Paris,

CH. MAURAIN

LISTE DES FIGURES

	PAGES
I. — Représentation graphique d'une chaîne de travail	8
II. — Suppression des stocks intermédiaires	13
III. — Graphique de disposition de chaînes	15
IV. — Disposition spéciale d'un travail à la chaîne	19
V. — Contrôle du travail à la chaîne	27
VI. — Schéma de table de réparations	28
VII. — Disposition rationnelle du travail d'un ouvrier	30
VIII. — Chaîne de travail pour montage des châssis d'automobiles.	62
IX. — Installation d'émaillage par procédé ordinaire	68
X. — Ensemble d'installation d'émaillage automatique	70
XI. — Croquis d'un cadre de bicyclette	73
XII. — Installation de brasage et sablage sur chaîne automatique	75

TABLE DES MATIERES

PAGES

INTRODUCTION	5
--------------------	---

PREMIERE PARTIE.

PRINCIPES GENERAUX

CHAPITRE I. — <i>Les caractéristiques du travail à la chaîne</i>	7
---	---

Etude des temps élémentaires — Théorie du travail à la chaîne.

CHAPITRE II. — <i>L'Organisation du travail à la chaîne</i>	18
---	----

Technique du travail à la chaîne. — Aperçu sur la normalisation industrielle. — Pratique du contrôle du travail à la chaîne.

CHAPITRE III. — <i>Les Conditions du Facteur Humain dans le Travail à la chaîne</i>	29
---	----

Surfaces normales de travail. — Exposé sur l'économie des mouvements.

DEUXIEME PARTIE.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

CHAPITRE I. — <i>Les Avantages du Travail à la chaîne</i>	39
---	----

I. — Elimination des temps improductifs	40
---	----

II. — Diminution de la fatigue des exécutants	41
---	----

III. — Suppression d'opérations pénibles ou dangereuses ..	42
--	----

IV. — Cadence de production	42
-----------------------------------	----

V. — Possibilité d'un entraînement progressif des ouvriers.	43
---	----

VI. — Contrôle de la production et simplification de la comptabilité industrielle	43
---	----

VII. — Solidarité dans le travail	45
---	----

VIII. — Réduction du stock immobilisé en cours de fabrication	46
IX. — Réduction des surfaces improductives dans les locaux de travail	47
CHAPITRE II. — <i>Les Appareils mécaniques pour le Travail à la chaîne</i>	49
I. — Translateurs pour circuits horizontaux	54
II. — Translateurs horizontaux à bielles relevables	55
III. — Translateurs pour circuits dénivelés	56
IV. — Convoyeurs et Transporteurs à déversement	56
V. — Elévateurs et Transélévateurs	58
VI. — Appareils spéciaux	59
CHAPITRE III. — <i>Diverses Applications du Travail à la Chaîne.</i>	60
I. — Industrie d'Automobile	62
a) Montage des châssis — b) Montage des carrosseries.	
II. — Montage d'Accumulateurs	65
Débit normal de la main-d'œuvre — Augmentation de la production.	
III. — Emaillage automatique	66
a) Processus ordinaire des opérations — b) Installations automatiques d'émaillage.	
IV. — Industrie du Cycle	71
a) Opérations diverses	71
b) Brasage et sablage des cadres	73
RESUME	79
CONCLUSION	81
BIBLIOGRAPHIE	83
LISTE DES FIGURES	85

